



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 21 047 A1 2004.08.05

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 21 047.4

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: E01B 25/30

(22) Anmeldetag: 10.05.2003

(43) Offenlegungstag: 05.08.2004

(66) Innere Priorität:

103 01 050.5 14.01.2003

(74) Vertreter:

Niedlich, T., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 80637  
München

(71) Anmelder:

Schmitt Stumpf Frühauf und Partner  
Ingenieurgesellschaft mbH, 80804 München, DE

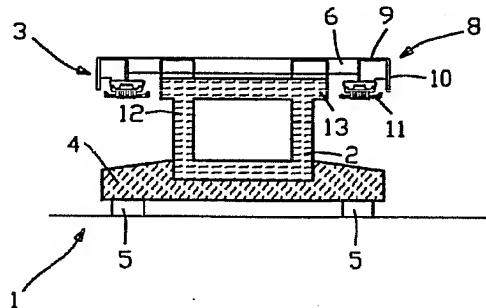
(72) Erfinder:  
Scholz, Matthias, 80939 München, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Fahrweg für spurgebundene Fahrzeuge, insbesondere Magnetschwebebahnen, im Baukastensystem mit 2 Anforderungsebenen

(57) Zusammenfassung: Bei einem Fahrwegträger für Magnetschwebebahnen mit einem auf Lägern oder Stützen ruhenden und sich in Fahrtrichtung erstreckenden Tragwerk mit daran angeordneten Systemkomponenten zum Tragen und Führen eines Fahrzeugs wird vorgeschlagen, dass die Systemkomponenten Bestandteile eines Fahrwegs sind, der auf dem Tragwerk aufgesetzt ist. Außerdem wird ein Herstellungsverfahren für diesen Fahrwegträger angegeben, der aus standardisierten Bauteilen besteht und so günstig herstellbar und montierbar ist.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Fahrbahn für Magnetschwebebahnen (MSB), mit einem auf Lägern oder Stützen ruhenden und sich in Fahrtrichtung erstreckenden Tragwerk mit daran angeordneten Systemkomponenten zum Tragen und Führen eines Fahrzeugs.

[0002] Aus der WO 01/11143 ist ein Fahrwegsystem bekannt, bei dem an zwei Längsseiten eines Trägers Konsolen angebracht sind, die der Befestigung eines Anbauteils dienen. An Flächen, die der Befestigung von Anbauteilen dienen, sind die Konsolen mit Übermaß hergestellt, so dass Lagefehler des Trägers bezüglich der gewünschten Gradienten durch Nachbearbeitung ausgeglichen werden können. Zur lagegenauen Montage und Endfertigung des Fahrwegsystems vor Ort ist es also notwendig, Bauteile mit höchster Präzision herzustellen und sie nachzubearbeiten. Die Ausbildung der Trasse und Gradienten in den zulässigen Toleranzen erfolgt durch das Gesamtsystem, d.h. jeder Träger muss einzeln für diese Anforderungen angepasst werden. Die hochgenaue Fertigung von Tragwerken großer Spannweite und die damit unvermeidlich verbundene Nachbearbeitung zur Erfüllung der Anforderungen an den MSB-Verkehr erhöhen den Aufwand für die Herstellung.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Fahrbahn anzugeben, die einerseits die hohen Anforderungen an die Maßgenauigkeit erfüllt und andererseits wirtschaftlich günstig in der Herstellung ist.

[0004] Diese Aufgabe wird bei der eingangs geschilderten Fahrbahn dadurch gelöst, dass die Systemkomponenten Bestandteile eines Fahrwegs sind, der auf dem Tragwerk aufgesetzt ist. Bei Magnetschwebebahnen sind die Systemkomponenten waagrechte Absetzflächen, senkrechte Seitenführungsflächen und Statoren.

[0005] Die Erfindung verfolgt also das Konzept, eine Fahrbahn aus zwei Bauteilgruppen, nämlich Tragwerk und Fahrweg, aufzubauen, die so miteinander verbunden sind, dass erst die Bauteile der zweiten Gruppe die endgültige Lage der Trasse definieren. Nur sie stehen in unmittelbarem „Kontakt“ mit dem Fahrzeug. An das Tragwerk, einem schweren Bauteil mit großen Abmessungen, können daher geringere Anforderungen hinsichtlich der Maßgenauigkeit gestellt werden; die Toleranzen des Fahrwegs, der kleiner und daher leichter handhabbar ist, unterliegen dagegen den strengen Anforderungen, die für das Fahrzeugsystem einzuhalten sind. Diese Bauweise bietet als wesentlichen Vorteil die Möglichkeit, Imperfektionen der vorangegangenen Baugruppe, hier des Tragwerks, bei der Montage der folgenden Gruppe, nämlich des Fahrwegs, ausgleichen zu können.

[0006] Die Bestandteile beider Baugruppen können sowohl vor Ort auf der Baustelle als auch im Werk als Fertigteile hergestellt werden. Bisher wird überwiegend die Herstellung von dem Trassenverlauf ange-

paßten Fertigteilen im Werk bevorzugt. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht nun zumindest das Tragwerk im wesentlichen aus einem standardisierten Fertigteil. Unter standardisierten Fertigteilen sind dabei Bauteile zu verstehen, die unabhängig von den Trassierungsparametern an ihrem Einbauort in der Trasse immer die selben Abmessungen aufweisen. Der Einsatz solcher Fertigteile für das Tragwerk ermöglicht nicht nur eine besonders wirtschaftliche Herstellung der großen und schweren Bestandteile des Fahrwegsystems, sondern auch einen verringerten Logistikaufwand und eine flexiblere Handhabung der Fertigteile sowohl im Herstellerwerk als auch auf der Baustelle und bei der Instandhaltung. Sie können vorproduziert, gelagert und in beliebiger Reihenfolge auf die Baustelle geliefert werden. Bereits mit einem geringen Umfang an vorgehaltenen Fertigteilen sind schadhafte oder zerstörte Teile ohne nennenswerte Verzögerung austauschbar.

[0007] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist also die wirtschaftliche Herstellung eines Fahrweges für MSB mit den marktüblichen und erfüllbaren Anforderungen an dessen Bauteile zur Realisierung eines wettbewerbsfähigen Prinzips der Bauweise. Dabei sind je nach Anforderung an die Systembauteile verschiedene Stufen der Präzision bei der Herstellung der Systembauteile zu unterscheiden.

[0008] Das Tragwerk muss bestimmte, bereits relativ eng abgesteckte Grundkriterien hinsichtlich Formtreue, Verformung und Verdrehung erfüllen, abgestimmt auf die Lasteinflüsse sowie auf die Erfordernisse aus Schwinden, Kriechen und Temperaturzwang. Der Fahrweg als wesentliches Teil der Systemeinheit dagegen unterliegt signifikant höheren Bedingungen und muss aufgrund der systemtechnischen Anforderungen sehr hohe Maßstäbe hinsichtlich Toleranz erfüllen. Aus den unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Ebenen erwächst der Grundgedanke eines Baukastensystems, dessen Einzelteile auf die jeweiligen Erfordernisse und Aufgaben abgestimmt sind, und damit eine material- und systemgerechte Optimierung an Einzelbauteilen stattfindet. Dieser Grundgedanke leitet sich zum einen vom Tragwerk ab, das grundsätzliche statisch-dynamische Bedingungen und Anforderungen erfüllen muss, und zum anderen vom eigentlichen Fahrweg, der ausreichende Justier- und Verstellmöglichkeiten aufweisen muss, um die Anforderungen enger Toleranzgrenzen einhalten zu können.

[0009] Erfindungsgemäß wird also ein solides Tragwerk einfacher Bauart durch einen in seinen Justier- und Montageeigenschaften sehr variablen Fahrweg zu einem vollwertigen Fahrbahnträger ergänzt, der alle günstigen Eigenschaften eines Tragwerks einfacher Bauart und eines Fahrweges mit hoher Präzision im Gebrauchszustand erfüllt. Im vorliegenden Konzept wird das Tragwerk als Brückenbauwerk verstanden und der Fahrweg als eigene Einheit, die die Ungenauigkeit des Tragwerkes kompensiert und mit

hoher Genauigkeit montiert und fertiggestellt wird. Dadurch ist es möglich, in wirtschaftlicher Bauweise die deutlich strengeran Anforderungen an das Tragsystem und den Fahrweg insbesondere für MSB einzuhalten.

[0010] Für das Tragwerk der erfindungsgemäßen Fahrbahn kann sowohl eine Stahl- als auch eine Stahlverbundbauweise gewählt werden. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfaßt das Tragwerk jedoch einen, vorzugsweise in seiner Längsrichtung vorgespannten, Stahlbetonträger, insbesondere einem solchen mit Hohlkastenquerschnitt. Denn in dieser Technologie können Bauteile mit im Verhältnis zu ihrer Spannweite geringem Gewicht hergestellt werden. Dieser Vorteil schlägt sich in geringeren Transportkosten und einem leichteren Einbau nieder.

[0011] Eine Konstruktion des Tragwerks als Träger auf Einzelfundamenten oder Stützen ist vor allem vorzusehen, wenn der Baugrund problematisch ist oder die Fahrbahn deutlich über Geländeniveau verläuft. Für ebenerdige Fahrbahnen sieht eine alternative Ausgestaltung der Erfindung vor, dass das Tragwerk ein Streifenfundament ist. Durch eine großflächige Lasteinleitung in den Untergrund lässt sich so der Aufwand für Gründungsmaßnahmen deutlich reduzieren; die Herstellung des Tragwerks kann auch bei dieser Variante durch den Einsatz von Fertigteilen rationalisiert werden.

[0012] Die Fahrbahn lässt sich grundsätzlich in beliebig viele Baugruppen unterteilen. Als vorteilhaft erweist sich ein dreiteiliger Aufbau der erfindungsgemäßen Fahrbahn aus Tragwerk und einem Querträger und Systemkomponenten aufweisenden Fahrweg, der quer zur Fahrtrichtung und mit Abstand zueinander angeordnete Querträger umfaßt, die Langseiten und Stirnseiten aufweisen, wobei an mindestens einer der Stirnseiten eines Querträgers ein Systemträger befestigt ist. Unter einem Querträger ist ein Bauteil zu verstehen, das mit seiner Hauptstreckung quer zur Fahrtrichtung auf dem Tragwerk angeordnet ist, die Kräfte aus den Systemträgern aufnimmt und an das Tragwerk weiterleitet. Als Systemträger ist ein Träger anzusehen, der mehrere linear nebeneinander angeordnete Systemkomponenten umfaßt.

[0013] Im Prinzip des Baukastensystem werden erfindungsgemäß durch eine Stapelbauweise die verschiedenen Strukturträger bzw. Baugruppen kombiniert. Ausgehend von einem einfachen Primärtragwerk, dem Tragwerk oder Fahrbahnträger, erfolgt eine Ergänzung durch den Querträger und schließlich durch den Systemträger zum vollständigen Fahrweg, der die Anforderungen an Genauigkeit und Maßhaltigkeit des endgültigen MSB-Fahrwegs erfüllt. Hohe Anforderung an die Genauigkeit und Maßhaltigkeit bei der Herstellung werden nur an Systemteile der letzten Ausbaustufe, also an die Systemträger gestellt. Ungenauigkeiten des primären Tragsystems, werden jeweils bei der Montage des nachfol-

genden Tragsystems ausgeglichen. Die Toleranzen des primären Tragsystems können daher größer als die des jeweils nachfolgenden Systems gewählt werden. Der Ausgleich von Abweichungen jeglicher Art, wie zum Beispiel Stützensenkung, fehlende Maßhaltigkeit oder Imperfektionen, ist innerhalb der modularen Montage möglich. Die Abbildung von Trasse und Gradiente und eine Anpassung an Lage und Höhenlage kann durch Anordnung der jeweiligen Modulsysteme erfolgen.

[0014] Die Oberseite des Tragwerks ist zur Befestigung der Querträger vorgesehen. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind auf dem Tragwerk Fächer ausgebildet, in die die Querträger eingelegt sind. Die Fächer können dabei als Aussparungen in der Oberseite des Tragwerks ausgebildet sein oder von Aufkantungen gebildet werden. Jedenfalls bestimmen sie durch ihre Anordnung mehr oder weniger genau die Lage der Querträger.

[0015] Ähnlich wie für das Tragwerk bieten sich auch für den Querträger verschiedene Herstellungsmöglichkeiten an: er kann auf der Baustelle hergestellt und so den Trassierungserfordernissen angepaßt werden. Oder er kann gemäß den auf der Baustelle ermittelten Trassierungsvorgaben im Werk als Fertigteil gefertigt werden. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht daher vor, dass auch der Querträger ein standardisierte Fertigteil ist. Auch für sie lassen sich so die Vorteile industrieller Fertigung gleicher Teile in hohen Stückzahlen und die damit verbundenen Logistikvorteile nutzen. Der Querträger als Sekundärtragwerk muß dabei höheren Anforderungen an die Maßhaltigkeit genügen als das Primärtragwerk. Diese Anforderungen gleichbleibend hoher Güte sind auch und gerade bei Serienfertigung unter den günstigen Herstellungsbedingungen einer Produktionsstätte zu erfüllen.

[0016] Auch die Querträger der erfindungsgemäßen Fahrbahn können in einer der oben beim Tragwerk genannten Bauweisen erstellt sein, wobei die Wahl der Bauweise des Querträgers von der Verbindmöglichkeit des Querträgers mit dem Tragwerk abhängt. So ist es vorteilhaft, wenn der auf einem Betonträger zu montierende Querträger ein vorzugsweise in seiner Längsrichtung vorgespannter Stahlbetonträger ist. Zwar kann der Querträger auch mit einer Schlaffstahlbewehrung ausgestattet sein, eine Vorspannung zur Vermeidung von Zugkräften im Beton erhöht jedoch die Lebensdauer des Querträgers überdurchschnittlich. Bei der Wahl von Beton als Baustoff ist zudem eine einfache Befestigung des Querträgers mittels Verguss- oder Ortbeton möglich.

[0017] Die Vorspannung im Querträger kann nach den im Spannbetonbau bekannten Technologien aufgebracht werden. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Querträger Einstabanker mit sofortigem Verbund als Spannglieder auf, weil so auf den Einbau von Hüllrohren und deren nachträgliches Verpressen verzichtet werden kann.

[0018] An den Stirnseiten eines jeden Querträgers

werden die Systemträger zum Tragen und Führen des Fahrzeugs befestigt. Dafür ist grundsätzlich jede geeignete Befestigung wie Schrauben, Dübeln etc. denkbar. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung stellt es dar, wenn der Querträger zur Befestigung der Systemträger an seinen Stirnseiten Kopfplatten aufweist. So ist die Länge eines Querträgers bestimmt durch die erforderliche Breite des Fahrwegs abzüglich der quer zur Fahrtrichtung gemessenen Konstruktionsbreite der Systemträger. Die Kopfplatten, die die Anschlagebenen der Systemträger darstellen, können im Werk unter idealen Arbeitsbedingungen bereits sehr genau positioniert und damit die exakte Länge der Querträger hochgenau hergestellt werden. Damit kann bei der Montage der Systemträger eine Korrektur ihrer Lage in der Längsrichtung der Querträger entfallen.

[0019] Zum Aufbringen der Vorspannkraft im Querträger sind Ankerplatten für die Spannglieder notwendig. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Kopfplatten zugleich Ankerplatten bei der Vorspannung der Querträger. Diese Doppel-funktion der Kopfplatten führt zur Einsparung eines Bauteils und dessen Montage und somit zur Vereinfachung und Verbilligung der Herstellung.

[0020] Demzufolge ist es weiter vorteilhaft, wenn die Kopf- bzw. Ankerplatten Einrichtungen sowohl zum Aufbringen der Vorspannkraft als auch zur Befestigung der Systemträger aufweisen. Denn die Kopp lung der über die Systemträger eingeleiteten Kräfte mit denen aus der Vorspannung über die Kopfplatten stellt eine sehr wirtschaftliche Konstruktion der Bewehrungsanordnung dar.

[0021] Neben Zug- und Druckkräften muß die Verbindung der Systemträger am Querträger auch Querkräfte übertragen. Dies kann durch Form-, Kraftschluß oder einer Kombination aus beidem erfolgen. Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die dem Querträger abgewandte Seite der Kopfplatten eine Struktur auf, die mit einer entsprechenden Oberfläche einer Anschlussplatte am Systemträger in Formschluss steht. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Struktur ist geriffelt, gerippt, gestiftet, gezähnt oder nur aufgerauht. Die Oberflächengestaltung schafft so eine querkraftschlüssige Anlage des Systemträgers am Querträger. Sie ermöglicht außerdem auch einen gewissen Toleranzausgleich in vertikaler Richtung, wenn nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung die Befestigung des Systemträgers Langlöcher aufweist.

[0022] Eine zur nachträglichen Befestigung der Systemträger am Querträger alternative Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Systemträger über Einbauteile monolithisch mit dem Querträger verbunden sind. So ergibt sich eine Vormontage des Fahrwegs als Rost aus Querträgern und Systemträgern im Werk und der blockweise Einbau des Fahrwegs auf dem Tragwerk. Damit kann ein Montageschritt im Werk unter günstigeren Bedingungen als auf der Baustelle vorweggenommen und dort einge-

spart werden. Auf diese Weise entfallen auch die für die Betriebssicherheit notwendigen Überprüfungs- und Instandhaltungsarbeiten an der Kopplung von Querträger und Systemträgern.

[0023] Um einen besonders guten Verbund zwischen Querträger und Tragwerk zu erreichen, weist ein Querträger nach einer zu einem vorgespannten Querträger alternativen Ausgestaltung der Erfindung nur an Endbereichen betonierte Abschnitte und in einem mittleren Bereich einen Stahlträger, zum Beispiel ein Baustahlfachwerk, auf. Eine werkseitige Vorspannung entfällt bei einem derartigen Querträger zwar, neben der besseren Verbundwirkung ist er jedoch leichter und führt so zu Einsparungen zumindest beim Transport.

[0024] Eine zum Stahlbeton-Querträger alternative Ausgestaltungsform sieht vor, dass der Querträger im wesentlichen aus Stahl gefertigt ist. Um einen guten Verbund zwischen dem Querträger und einem Betontragwerk zu erreichen, ist der Querträger in einem mittleren Bereich seiner Langseiten mit Verbundmitteln, z.B. Kopfbolzen, ausgestattet. Auch dieser Querträger ist gegenüber einem solchen aus Beton leichter und führt somit zu Einsparungen bei Transport und Verarbeitung Sowohl bei einem vorgespannten als auch bei einem schlaff bewehrten oder einem Querträger aus Stahl ist auf einen guten Verbund zwischen ihm und dem Tragwerk zu achten. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Querträger daher quer zu seiner Längsrichtung und mit Abstand zueinander angeordnete zusätzliche Bewehrungsstäbe als Anschlußbewehrung auf. Beim schlaff bewehrten Querträger mit einem Baustahlfachwerk kann in seinem mittleren Abschnitt zusätzliche Bewehrung eingelegt werden. Beim vorgespannten Querträger sind dafür gesonderte Aufnahmen vorzusehen. Beim Querträger aus Stahl können die zusätzlichen Bewehrungsstäbe vorteilhafterweise angeschweißt werden.

[0025] Für die Befestigung des Querträgers auf dem Tragwerk kommt in Abhängigkeit von den jeweiligen Materialien dieser Bauteile grundsätzlich jede Befestigung in Betracht. Eine letzte vorteilhafte Ausgestaltung der erfinderischen Vorrichtung sieht vor, dass der Querträger auf dem Tragwerk durch Ortbetonergänzung in einem monolithischen Verbund befestigt ist. Die Fixierung der Querträger mittels Ortbeton ist stufenlos an ihre erforderliche Lage anpassbar und auch dann noch erfolgreich einsetzbar, wenn an Befestigungsflächen der Bauteile Abweichungen vom Sollzustand auftreten, zum Beispiel infolge geringfügiger Beschädigungen. Außerdem ist diese Befestigungsmethode auf alle Querträgertypen gleichermaßen anwendbar, so dass innerhalb des Streckenverlaufs die Querträgertypen beliebig abgewechselt werden können, ohne dass Vorrichtungen oder Werkzeug zur Befestigung der unterschiedlichen Querträger gewechselt werden müssten.

[0026] Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem durch ein Verfahren zum Herstellen einer Fahr-

bahn für Magnetschwebebahnen mit einem auf Läfern oder Stützen ruhenden und sich in Fahrtrichtung erstreckenden Tragwerk und einem darauf angeordneten Fahrweg mit daran angeordneten Systemkomponenten zum Tragen und Führen eines Fahrzeugs gelöst, das folgende Schritte umfaßt:

- a) Herstellen des Tragwerks mit geringerer Genauigkeit,
- b) Verlegen des Tragwerks auf Stützen oder Läfern als Primärtragwerk,
- c) Aufsetzen und Justieren des Fahrwegs auf dem Tragwerk als Sekundärtragwerk und
- d) Fixieren der Lage des Fahrwegs auf dem Tragwerk in höherer Genauigkeit.

[0027] Das erforderliche Verfahren beruht also auf dem Aufbau der Fahrbahn aus einem Primär- und einem Sekundärtragwerk. Dazu wird das Sekundärtragwerk, also der Fahrweg, der die Systemkomponenten für das Fahrzeug umfaßt, auf dem Primärtragwerk aufgesetzt. Nicht das Primärtragwerk legt also die endgültige Lage der Systemkomponenten des Fahrzeugs fest, sondern erst das Sekundärtragwerk, denn nur dieses steht in „Kontakt“ mit dem Fahrzeug.

[0028] Die Fahrbahn wird erfindungsgemäß in mehreren Schritten nach Art eines Baukastensystems für Tragwerk und Fahrweg vor Ort zusammengesetzt. Der Fahrbahnträger (das Tragwerk) ist im Gesamtsystem des Baukastens lediglich das primäre Tragwerk und als solches werden an den Fahrbahnträger (das Tragwerk) geringere Anforderungen gestellt. Im Gegensatz zu anderen Verfahrensweisen und Fahrbahnen sind keine besonderen Anforderungen an das Bauteil zu stellen.

[0029] So ist es zum Beispiel nicht notwendig, den Träger (das Tragwerk) bei der Herstellung an Trasse und Gradiente anzupassen. Auch ein Einbau von lagegenauen Einbauteilen oder passgenauen Anschluss-Systemträgern im Träger (Tragwerk) ist nicht notwendig. Auf eine besondere Fertigungsweise kann daher verzichtet werden. So ist es insbesondere nicht notwendig, den Träger (das Tragwerk) unter klimatisch gleichbleibenden Bedingungen herzustellen.

[0030] Die Herstellung des Tragwerks und des Fahrwegs können sowohl vor Ort als auch in einem Fertigteilwerk erfolgen. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Endung sieht vor, dass das Tragwerk und/oder der Fahrweg als standardisierte Fertigteile hergestellt werden. Damit können die Vorteile einer industriellen Produktion standardisierter Fertigteile, nämlich gleichbleibend hohe Qualität bei großen Stückzahlen, ausgenutzt werden. Außerdem bieten standardisierte Bauteile Logistikvorteile nicht nur bei der Herstellung, sondern auch bei Transport, Zwischenlagerung, Einbau und Instandhaltung.

[0031] Die Fertigung des Fahrbahnträgers im Baukastensystem ist wesentlich einfacher, da die notwendige Schalung nicht angepasst werden muss. Bei Transport und Montage muss nicht auf empfindli-

che Einbauteile oder Anschluss-Systemträger geachtet werden. Das Versetzen der Träger, der Einbau vor Ort erfolgt exakt, nicht jedoch mit hoher Präzision. Innerhalb des Fahrwegaufbaus können Lagegenauigkeiten stets ausgeglichen werden. Es ist daher nicht notwendig, wie bei bestehenden Systemen, einen schweren Fahrwegträger mit höchster Präzision vor Ort einzubauen. Im beschriebenen Baukastensystem wird der einfache Fahrbahnträger (das Tragwerk) am Montageort ohne erhöhte Anforderungen an die Lagegenauigkeit verlegt. Eine Nachbearbeitung des Fahrbahnträgers (des Tragwerks) vor Ort, wie bei bestehenden Systemen nötig, ist nicht erforderlich.

[0032] Der Vorteil des Bauverfahrens im Baukastensystem begünstigt also das Herstellverfahren der Fertigteile: es kommen weitgehend standartisierte Fertigteile zum Einsatz, die, je nach Zugehörigkeit zu einer im Bauablauf früher oder später zu verarbeitenden Bauteilgruppe, mit geringerer oder höherer Genauigkeit hergestellt werden. Die aufwendige Herstellung hochpräziser Teile ist lediglich auf die der Systemkomponenten des Fahrzeugs reduziert. Damit werden die hohen Anforderungen an diese Komponenten insbesondere von den schweren und großen Bauteilen des Tragwerks ferngehalten.

[0033] Unter dem Tragwerk sind zum einen Tragkonstruktionen zu verstehen, die gewöhnlich auch im Brückenbau Verwendung finden. Es ist damit grundsätzlich geringen Beschränkungen hinsichtlich Material oder Abmessungen unterworfen. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass das Tragwerk einen Träger umfaßt, der als vorgespannter Ein- oder Zweifeldträger aus Stahlbeton hergestellt wird. Die Wahl der Spann- und Stützweite des Trägers bedingt dessen Abmessungen und erfolgt in Abhängigkeit von zu beachtenden Randbedingungen, zum Beispiel der Trasse und der Transportmöglichkeiten. Die Vorspannung dient der Verhinderung von Zugbelastungen durch Verformungen aus Eigengewicht und/oder nachträglicher Belastung.

[0034] Zum anderen können unter dem Tragwerk auch solche Konstruktionen verstanden werden, die die Lastableitung nicht wie im Fall der Brückebauwerke punktuell, sondern linear ermöglichen. Eine alternative Ausgestaltung der Erfindung sieht daher vor, dass das Tragwerk als Streifenfundament hergestellt wird. Dieses muß im allgemeinen nicht so tief gegründet werden, wodurch der Aufwand für den Erdbau verringert wird. Auch die Herstellung dieser Tragwerksvariante läßt sich durch den Einsatz von Fertigteilen rationalisieren. Außerdem ragt das Bauwerk kaum über das Geländeneveau hinaus, wodurch es sich besser in die Landschaft einpassen lässt.

[0035] Der Fahrweg kann vielgestaltige Formen annehmen. Jedenfalls muß er zum einen die Systemkomponenten für das Fahrzeug funktionsgerecht und in den gewünschten Trassierungsparametern zur Verfügung stellen. Dies geschieht vorteilhaft durch einen Systemträger, der mehrere linear angeordnete

Systemkomponenten umfaßt. Zum anderen muß er auf dem Tragwerk in einer Weise montierbar sein, mit der sich die vorgesehene Trassierung, Gradienten und Neigung verwirklichen läßt. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wird nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der Fahrweg aus quer zur Fahrrichtung und mit Abstand zueinander angeordnete Querträger gebildet, die Langseiten und Stirnseiten aufweisen, wobei an den Stirnseiten ein Systemträger befestigt wird. Diese Bauweise ermöglicht eine hochpräzise Verwirklichung der Trassierung auf der Grundlage des grobtrassierten Tragwerks, weil jeder einzelne Querträger hinsichtlich Höhenlage und Querneigung auf dem Tragwerk justiert werden kann. Sie ist daher zum Beispiel besonders vorteilhaft in Kurven mit veränderlichem Radius, also in Klohoiidenbereichen, oder Streckenabschnitten mit Neigungsänderungen einsetzbar.

[0036] Während an die vom Tragwerk einzuhaltenen Toleranzen geringere Anforderungen gestellt werden, unterliegen die Maße der Querträgers als wesentlicher Bestandteil des Fahrwegs sehr engen Toleranzbereichen. Bei Wahl von Material und Konstruktion des Querträgers muß außerdem berücksichtigt werden, dass der Querträger zugleich ein hochbelastetes Bauteil ist. Daher werden nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung die Querträger in einem Spannbett vorgespannt. Durch die Vorspannung werden Verformungen unter Belastung reduziert und die Lebensdauer der Bauteile erhöht. In standardisierten Abmessungen können die kompakten Bauteile in Serienfertigung wirtschaftlich hergestellt werden. Wegen der Möglichkeit der Anpassung jedes einzelnen Querträgers an die Trassierungsparameter läßt sich dennoch jede beliebige Trassierung erzielen.

[0037] Stellt der Fahrbahnträger im Gesamtsystem des Baukastens das primäre Tragwerk mit geringen Anforderungen an die Genauigkeit dar, ist dagegen der Querträger das Betonbauteil mit den höchsten Anforderungen an die Herstellpräzision. Da das Bauteil jedoch in den Abmessungen sehr kompakt ist und eine Serienfertigung in hohen Stückzahlen möglich ist, sind die Anforderungen im Gegensatz zu anderen Verfahrensweisen und Fahrbahnen nicht an einem Großbauteil mit veränderlichen Abmessungen, sondern im Rahmen der Serienfertigung kontinuierlich und an einer Vielzahl gleicher Bauteile zu erfüllen.

[0038] Zur Vorspannung der Querträger kann auf die im Spannbetonbau bekannte Technologie zurückgegriffen werden. Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Querträger mit Einstabankern mit sofortigem Verbund vorgespannt, weil bei diesem Vorspannverfahren auf den Einbau und das nachträgliche Verpressen von Hüllrohren verzichtet werden kann.

[0039] Besonders vorteilhaft ist es, wenn zur Vorspannung der Querträger an ihren Stirnseiten Ankerplatten angeordnet werden, die auch als Kopfplatten zum Anschluss der Systemträger dienen. Diese

Maßnahme verringert den Materialeinsatz und die Herstellungskosten. Der Ausgleich von Imperfektionen des Querträgers ist durch die Option der Nachbearbeitung der stirnseitigen Kopfplatten noch im Werk möglich. Auf eine Anpassung der Systembauteile vor Ort kann ganz verzichtet werden.

[0040] Eine vorteilhafte Alternative zum Herstellverfahren als Fertigteil können die Querträger auch als Halbfertigteil ohne Vorspannung hergestellt werden, wobei die Querträger nur an Endabschnitten betonierte werden. Im mittleren Bereich zwischen den Endabschnitten weisen die Halbfertigteile dann vorzugsweise ein Betonstahlfachwerk auf. Bei diesem Bauverfahren wird der Mittelbereich jedes Querträgers erst auf der Baustelle mit Ortbeton ergänzt. Dadurch wird ein besonders guter Verbund der Querträger mit dem Tragwerk erzielt. Der Verbund in Fahrrichtung kann noch gesteigert werden, indem im Mittelbereich jedes Querträgers zusätzlich in Fahrtrichtung verlaufende Anschlußbewehrung eingelegt wird.

[0041] Alternativ zur Herstellung der Querträger aus Stahlbeton sieht eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung vor, dass die Querträger aus Stahl hergestellt werden. Zur Sicherstellung des Verbunds zwischen Querträger und Tragwerk nach Einbringen der Ortbetonergänzung werden an den Langseiten der Querträger Verbundmittel, z.B. Kopfbolzen, angeschweißt. Diese Querträger führen aufgrund ihres geringeren Gewichts zu Einsparungen bei Transport und Einbau.

[0042] Das Fertig- bzw. Halbfertigteil einfacher Bauart wird in industrieller Massenfertigung in hohen Stückzahlen hergestellt. Die hohen Anforderungen an Maßgenauigkeit und Qualität sind durch die industrielle Produktion erfüllbar. Das geringe Gewicht des Bauteils erlaubt eine einfache Handhabung bei Transport und Montage. Auch kann gegenüber anderen Verfahrensweisen und Fahrbahnen auf eine termingenaue Fertigung verzichtet werden, da das Bauteil aufgrund seiner Abmessungen und Gewicht, auch für eine Vorfertigung auf Lager geeignet und dann nach Erfordernis abrufbar ist.

[0043] Auch Streckenabschnitte mit unverändertem Querschnitt lassen sich grundsätzlich aus einzelnen Querträgern erstellen, an deren Stirnseiten die Systemträger montiert werden. Wegen der in solchen Bereichen unveränderten Abmessungen bietet es sich jedoch an, den Fahrweg als Rost aus mehreren Querträgern und je einem Systemträger an den Stirnseiten vorzufertigen. Zumal wenn es sich um gerade Streckenabschnitte handelt, ist so die Montage des Fahrwegs wesentlich einfacher, weil statt der aufwendigen Justierung jedes einzelnen Querträgers auf der Oberseite des Tragwerks nur der Rost justiert werden muß, der vorher entweder unter den vorteilhaften Bedingungen z.B. einer Halle im Werk oder nahe dem Einbauort lediglich auf einer ebenen Unterlage montiert werden kann.

[0044] Alternativ zu einem Rost kann der Fahrweg

auch aus Platten oder Flächentragwerken mit vorzugsweise rechteckigem Grundriss aufgebaut werden, bei denen an zwei gegenüberliegenden Seiten, vorzugsweise den Langseiten, die Systemträger angebracht werden. Diese Bauweise bietet sich vor allem in Bahnhofsgebäuden an.

[0045] Die Befestigung der Querträger bzw. des Rosts auf dem Tragwerk kann vereinfacht werden, indem auf dem Tragwerk in regelmäßigen Abständen Befestigungseinrichtungen vorgesehen werden. Für Tragwerk und Querträger aus Beton sieht eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung vor, dass der Fahrweg auf seiner dem Fahrzeug zugewandten Oberseite Fächer oder Aussparungen aufweist, in die die Querträger eines Rosts oder die Querträger einzeln eingelegt werden. Die Fächer können dabei in den Zwischenräumen von Quadern gebildet werden, die mit Abstand zueinander auf der Oberseite des Tragwerks angeordnet werden. Alternativ dazu können sie auch zwischen vergleichbar angeordneten Aufkantungen gebildet werden. Die Fächer geben bereits die ungefähre Lage der Querträger an, wodurch die Vormontage vereinfacht wird.

[0046] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Lage jedes Querträgers hinsichtlich Höhe und/oder Querneigung justiert wird. Damit lassen sich die Trassierungsparameter der Gradienten in hoher Genauigkeit und unabhängig von Ungenauigkeiten des Tragwerks herstellen. Mit der Justage der Querträger kann auch die Lage der Systemträger im wesentlichen vorbestimmt werden, so dass diese nicht mehr separat eingemessen werden müssen.

[0047] Zur Sicherung der Lage der justierten Querträger ist eine geeignete Befestigung zu wählen. Sie kann bspw. einer Verschraubung oder Klemmung bestehen. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Querträger in Fahrwegträgerlängsrichtung verspannt. Dabei können sich die Verspanneinrichtungen am benachbarten Querträger abstützen, so dass mehrere Querträger untereinander und die jeweils letzten gegen ein Widerlager verspannt sind. Liegen die Querträger in Fächern, kann jeder einzelne Querträger zwischen den seinen Seitenflächen zugewandten senkrechten Wandungen verspannt und so in seiner justierten Lage gesichert werden.

[0048] In Abhängigkeit von dem für Tragwerk und Fahrweg gewählten Material wird die justierte Lage des Fahrwegs bzw. der Querträger dauerhaft befestigt. Werden der Fahrweg oder die Querträger aus Stahlbeton gefertigt, bietet es sich vorteilhafter Weise an, dass die Lage der Querträger oder des Rosts durch Ergänzung von Ort- oder Vergussbeton fixiert wird. Dieses Verfahren stellt eine einfache und äußerst belastbare Befestigung des Fahrwegs dar, und die zur Befestigung von Betonquerträgern benötigte Ort- bzw. Vergussbetonmenge kann bei Verwendung von Fächern, Aussparungen oder Aufkantungen auf dem Tragwerk deutlich verringert werden.

[0049] Im Gegensatz zu anderen Lösungen werden durch die Ortbetonergänzung in den Schwellenfächern hier nicht hochbeanspruchte Stützpunkte, Einzelbefestigungen durch Verguss mit dem Tragwerk verbunden, sondern die flächig gelagerte Schwelle bzw. der Querträger lediglich lagegenau und kraftschlüssig fixiert.

[0050] Die Lasteinleitung am Einzelstützpunkt, der Aufnahme der Statorleiste, ist über das Fertigteil des Querträgers gewährleistet und werkseitig mit hoher Qualität hergestellt. Die Lastweiterleitung erfolgt über den flächigen Lastabtrag der Querträger- bzw. Schwellensohle und -flanke in den Obergurt. Aus dynamischer Belastung können keine negativen Einflüsse auf den Ortbetonverbund festgestellt werden.

[0051] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen im Prinzip beispielshalber noch näher beschrieben. Es zeigen:

[0052] **Fig. 1:** einen Querschnitt und einen Längsschnitt durch einen Fahrwegträger als Zweifeldsystem;

[0053] **Fig. 2:** einen Querschnitt und einen Längsschnitt durch einen Fahrwegträger als Einfeldsystem;

[0054] **Fig. 3:** zwei Schnittansichten durch einen Fertigteil-Querträger in Stahlbetonbauweise ohne Anschlußbewehrung;

[0055] **Fig. 4:** zwei Schnittansichten durch einen Fertigteil-Querträger in Stahlbetonbauweise mit Anschlußbewehrung;

[0056] **Fig. 5:** zwei Schnittansichten durch einen Halbfertigteil-Querträger in Stahlbetonbauweise mit Anschlußbewehrung;

[0057] **Fig. 6:** drei Ansichten eines Querträgers aus Stahl;

[0058] **Fig. 7:** einen Schnitt durch einen Fahnnregträger nach **Fig. 1** oder **Fig. 2** ohne Querneigung;

[0059] **Fig. 8:** einen Schnitt durch einen Fahrwegträger mit Querneigung;

[0060] **Fig. 9:** Schnitte durch Fahrwegträger mit unterschiedlichen Querneigungen;

[0061] **Fig. 10:** Detailansichten der Befestigung der Systemträger an einem Querträger;

[0062] **Fig. 11:** Draufsicht und Seitenansicht justierter und verspannter Querträger nach **Fig. 3** ohne Anschlußbewehrung;

[0063] **Fig. 12:** Draufsicht und Seitenansicht justierter und verspannter Querträger nach **Fig. 4** mit Anschlußbewehrung;

[0064] **Fig. 13:** polygonale Anordnung von Einfeldträgern in Bogen und Wanne und

[0065] **Fig. 14:** mögliche Abweichungen der Ist-Lage des Tragwerks von der Soll-Lage.

[0066] **Fig. 1** zeigt einen erfindungsgemäßen Fahnnregträger 1 für eine Magnetschwebebahn in Betonbauweise. Er umfasst ein Tragwerk 2 und einen Fahrweg 3. Das Tragwerk 2 ruht über eine Traverse 4 auf Lagen 5. Anstelle des hier dargestellten Untergrundes kann das Tragwerk 2 bei aufgeständerter Bauweise auf einer (nicht dargestellten) Stütze gelagert sein. Der Fahrweg 3 gliedert sich in einzelne

Querträger **6**, an deren Stirnseiten **7** Systemträger **8** angeordnet sind, die Gleitleisten **9**, Seitenführungsstäben **10** und Statoren **11** aufweisen.

[0067] Das eigentliche Tragwerk **2**, der Fahrbahnträger, ist ein Spannbeton-Hohlkastenquerschnitt mit senkrechten Stegen **12**. Aus gestalterischen Gründen sind diese auch mit einem Anzug von 7:1 auszubilden.

[0068] Das statische System des Tragwerks **2** ist ein Zweifeld-Träger mit einer Feldspannweite von 12,40 m und einer Transportlänge von 24,80 m. Der Fahrbahnträger **2** wird als reines Tragwerk ohne Systemträger des eigentlichen Fahrweges **3** im Fertigteilwerk in Schalung mit Spannbett und mit kombinierter Vorspannung aus sofortigem und nachträglichem Verbund hergestellt. Etwa 80% seiner Vorspannung erhält der Träger **2** als Vorspannung im sofortigen Verbund durch einzelne nicht dargestellte Litzen, lediglich 20% der Vorspannung werden durch Vorspannung mit nachträglichen Verbund erforderlich. Eine ebenfalls nicht dargestellte Schlaffstahlbewehrung ist nur im Steg **12** für die Aufnahme des Schubs und der Torsion erforderlich. Im übrigen Querschnitt ist die Schlaffstahlbewehrung ansonsten konstruktiv, z.B. zur Rissminimierung, erforderlich.

[0069] Als Alternative kann der Fahrbahnträger **2** auch als Einfeld-Träger gemäß **Fig. 2** mit einer Spannweite von 12,40 m ausgebildet werden. Dabei werden 70% der Vorspannung durch Vorspannung mit nachträglichen Verbund erforderlich, der Querschnitt erhält eine um 25% größerer Bauhöhe.

[0070] Das Vorspannkonzept für Träger gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2** wird so gewählt, dass die Entwurfskriterien, Minimierung der Verformung, eingehalten sind. Der Fahrbahnträger **2** wird formtreu vorgespannt, so dass weder aus dem Eigengewicht noch aus der nachträglichen Belastung infolge des Aufbaus des Fahrweges **3** Verformungen entstehen können. Unter ständiger Last und Vorspannung ist der Querschnitt zentrisch überdrückt und weist keine Verformung als Durchbiegung auf. Der Querschnitt, die Spanngliedführung und die Anordnung der Litzen im sofortigen Verbund werden so gewählt, dass keine Durchbiegung aus Kriechverformung entsteht. Lediglich eine minimale Trägerverkürzung infolge Kriechen ist möglich.

[0071] Das Fertigteil **2** gemäß **Fig. 1** wird im Spannbett mit der Gesamtlänge des Zweifeld-Trägers hergestellt. Querschotter im Stützenbereich sind nicht notwendig. An den Auflagerpunkten wird der Fahrbahnträger **2** durch einen Querträger (Traverse) **4** unterstützt, der die notwendige Spreizung der Lager **5** ermöglicht. Auch im Bereich der Querträger (die Traversen) **4** und der Lasteinleitung aus den Lagern **5** ist kein Querschott erforderlich. Ebenso kann zur Verankerung der Spannglieder und Litzen auf die Ausbildung einer Endscheibe am Trägerende verzichtet werden. Lediglich aus konstruktiven Gründen wird eine Endscheibe nachträglich an den Trägerenden in den Hohlkasten eingebaut.

[0072] Die einfache Bauart, senkrechte Stege **12**, klare Querschnittsgeometrie, großer Anteil an Vorspannung mit sofortigem Verbund und der Wegfall von Querschottern ermöglichen eine wirtschaftliche Serienfertigung standardisierter Fahrbahnträger **2**. Da die Fahrbahnträger **2** stets geradlinig in der Form sind, können sie als Fertigteile in der Schalung hergestellt werden ohne Anpassung der Trägerschalung an Trassierungsvorgaben. Ein Eigengewicht von ca. 55 t erlaubt den wirtschaftlichen Transport und die Montage des Fahrbahnträgers **2** als Zweifeld-Träger.

[0073] Die Toleranzbestimmungen der DIN-Normen und der ZTV-K für das Rohbauwerk des Fahrbahnträgers **2** sind eingehalten. Alle Anschlussmaße und deren Toleranzen an den Nahtstellen zu den Querträgern **6** und den Systemträgern **8** sind so festgelegt, dass die Anforderungen an das Gesamtssystem erfüllt werden. Die hohen Anforderungen an die Maßgenauigkeit des Fahrweges **3** werden durch dessen nachträglichen Aufbau erfüllt, so dass an den Fahrbahnträger **2** verhältnismäßig einfach einzuhaltenen Anforderungen an die Maßhaltigkeit im Werk gestellt werden müssen.

[0074] Die Anforderungen an die Genauigkeit der Schalmaße sind in Anlehnung an die allgemeinen Anforderungen an den industriellen Fertigteilbau getroffen. Das bedeutet, dass für die Herstellung des Fahrbahnträgers **2** keine extrem genaue Maßhaltigkeit erforderlich wird. Toleranzmaße von + 1 cm in Längsrichtung, Querrichtung sowie bezogen auf die Bauhöhe sind akzeptabel und minimieren somit den Aufwand bei der Fertigteilfertigung auf ein übliches Maß unabhängig von den Anforderungen der Magnetschnellbahninfrastruktur.

[0075] Im Obergurt **13** des Fahrbahnträgers **2** sind im Abstand von 1,033 m – dem vorgegebenen Systemmaß für die Anordnung der Statoren **11** – Aussparungen **14** über die gesamte Querschnittsbreite vorgesehen. Die Aussparungen **14** haben eine Tiefe von etwa der halben Dicke des Obergurtes **13** und eine Breite von etwa 30 cm. Die Aussparungen **14** dienen zur Aufnahme von Fahrbahnquerträgern **6**, ähnlich den Schwellen des klassischen Rad-Schiene-Oberbaus. Die Aussparungen **14** werden zutreffend als Schwellenfächer bezeichnet. Zwei Beispiele für die Ausgestaltung der Aussparungen oder Fächer **14** sind in **Fig. 11** und **Fig. 12** dargestellt. In diese Schwellenfächer **14** werden zentrisch vorgespannte Stahlbetonträger, sogenannte Querträger **6**, mit einer Länge von 2,20 m eingelegt. Die Querträger **6** sind beispielhaft in **Fig. 3a** und **3b** dargestellt. Sie sind durch Einstabanker **16** vorgespannt, die an den Stirnseiten **7** der Querträger **6** an Kopfplatten **15** geschlossen sind und von Schubbewehrungsbügeln **36** umgeben sind. An den Kopfplatten **15** sind Gewinde- muppen **32** angeflanscht, die zugfest mit den Einstabankern **16** verbunden sind. Sie dienen einerseits dazu, während der Herstellung der Querträger **6** die Vorspannkraft auf die Einstabanker **16** zu übertragen, und andererseits dazu, im Endzustand Schrau-

ben 27 zur Befestigung der Systemträger 8 aufzunehmen (vgl. **Fig. 9a**).

[0076] Die Querträger 6 werden unter festgelegten Fertigungs- und Aushärtbedingungen im Fertigteilwerk im Spannbett vorgespannt. Bereits im Werk werden an den Stirnseiten 7 der Querträger 6 die Anschluß- oder Kopfplatten 15 aus Stahl bzw. Stahlguss zur Aufnahme der MSB-Funktionsebene (Gleitleiste 9, Seitenführung 10, Stator 11, in **Fig. 3** nicht dargestellt) eingebaut. Die Querträger 6 einschließlich den Einbauteilen werden mit höchster Qualität und größter Genauigkeit industriell hergestellt.

[0077] Der Querträger 6 ist das Betonbauteil mit den höchsten Anforderungen an die Maßhaltigkeit. Über die Breite des Querträgers 6 wird die Systembreite des MSB-Systems in Querrichtung, der y-Richtung gemäß **Fig. 1**, mit exakt 2800 mm festgelegt. Es ist daher notwendig, dass dem Bauteil Querträger 6 höchste fertigungstechnische Anforderungen abverlangt werden. So muss der Träger 6 zwischen den beiden Stahlkopfplatten 15, die zur Aufnahme des Systemträgers 8 dienen, eine exakte Länge von 2200 mm aufweisen. Der Querträger 6 muss die Kräfte aus dem Systemträger 8 über unten näher beschriebene Schraubverbindungen aufnehmen und an den Fahrbahnträger 2 ableiten.

[0078] Der Querträger 6 wird ebenfalls im Spannbett vorgespannt. Die Besonderheit der eingetragsenen Vorspannung ist dadurch gekennzeichnet, dass Einstabanker 16 mit sofortigem Verbund verwendet werden, die die Stirnplatten 15 der Befestigung der Systemträger 8 als Ankerplatten nutzen. Eine Schlaffstahlbewehrung ist nur konstruktiv für Formtreue und Gebrauchstauglichkeit erforderlich. Grundsätzlich ist der Querträger 6 auch lediglich schlaff bewehrt mit BST 500 S dimensionierbar. Die Vorteile des Spannbetons unter Vermeidung der Dekompression unter Verkehr erhöht jedoch die Dauerhaftigkeit überproportional. Die Kombination der Verankerung der eingeleiteten Kräfte mit der Vorspannung ist die wirtschaftlichste Konzeption der Bewehrungsanordnung.

[0079] Die Abmessungen des Querträgers 6 (Länge 2,20 m, Breite ca. 0,30 m und Höhe ca. 0,20 m) sind für ein Fertigteil sehr günstig. Ähnlich der Produktion von Spannbetonschwellen für den konventionellen Gleisbau kann der MSB-Querträger 6 in industrieller Massenfertigung in hohen Stückzahlen produziert werden. Qualitätssichernde Maßnahmen und routinierte Abläufe der industriellen Produktion ermöglichen die Einhaltung der geforderten Toleranz und Qualität. Das geringe Gewicht und die gewählten Abmessungen ermöglichen eine einfache und effiziente Handhabung bei Transport und Lagerung, vor allem aber bei der Montage.

[0080] Ein Querträger 6" kann auch als Teilstück gefertigt werden. Hierbei wird im mittleren Bereich des Querträgers 6" ein Baustahlfachwerk 17 aus horizontalen Betonstahlstäben 31, vertikaler Schubbewehrung 36 und diagonaler

Schubbewehrung 37 angeordnet und nur die Enden des Querträgers 6" bereits im Werk betoniert. Vorspannung kann in diesem Fall nicht in den Querträger 6" eingebracht werden, der Träger 6" wird dann mit Baustahl schlaff bewehrt. Im Bereich des Baustahlfachwerkes 17 erfolgt im Zuge der Ortbetonergänzung eine zusätzliche Verbundwirkung im Schwellenfach 14. Auch ist eine zusätzliche eingelegte Bewehrung (Anschlußbewehrung) 18 in Fahrweglängsrichtung in diesem Bereich möglich.

[0081] **Fig. 6** zeigt eine alternative Ausführungsform eines Querträgers 6" aus Stahl. Er besteht aus zwei beabstandeten Stegen 39, die an ihren Stirnseiten über zwei Kopfplatten 15" und an ihren Endbereichen durch Flansche 40 miteinander verbunden sind. Die Flansche 40 lassen einen Mittelbereich des Querträgers 6"" frei, mit dem dieser entweder in ein Schwellenfach 14 des Tragwerks 2 eingelegt oder frei auf dem Tragwerk 2 aufgelegt und dort mittels Ortbetonergänzung vergossen wird. Zur Sicherstellung des Verbundes zwischen Querträger 6"" und Tragwerk 2 sind im Mittelbereich des Querträgers 6"" Kopfbolzen 41 angeschweißt. Die Verbundwirkung wird verbessert, indem im Mittelbereich zusätzlich Anschlußbewehrung 18" angeschweißt wird, die ebenfalls in die Ortbetonergänzung eingebunden wird.

[0082] Für den Montagezustand, dargestellt in **Fig. 7**, wird der Querträger 6 über vertikale Spindeln 19 auf die richtige Höhe und Querneigung gebracht. Horizontale Spindeln 20 verspannen den Querträger 6 innerhalb des Schwellenfaches 14 und sichern dessen Lage in Fahrweglängsrichtung. Gemäß der Darstellung in **Fig. 7** wird der Querträger 6 über zwei – nicht zwingend erforderliche – Gewindestangen 21, Durchmesser 16 mm, an den Fahrbahnträger 2 gespannt. Dabei dienen die Gewindestangen 21 als Zuganker und werden nachträglich in Anschlussmuffen 22 im Obergurt 13 des Fahrbahnträgers 2 geschraubt. In den Schwellen 6 sind Langlöcher 23 angeordnet, durch die die Gewindestangen 21 ragen. Mit Kontermuttern 24 werden die Träger 6 dann verspannt.

[0083] Anschließend erfolgt der Einbau mit Ortbeton 30 im Schwellenfach 14 zur Herstellung der Verbundwirkung mit dem Fahrbahnträger 2. Dabei kann die einfache Variante, Verguss eines Querträgers 6 ohne Anschlußbewehrung 18 im Schwellenfach 14, zur Anwendung kommen. Hierbei ist keine gesonderte Bewehrung zur Übertragung der Verbundkräfte erforderlich. Der Querträger 6 wird über zwei Zuganker 21 mit dem Obergurt 13 des Fahrbahnträgers 2 verbunden. Die Ortbetonergänzung 30 überträgt Druckkräfte, die Zuganker 21 erzeugen eine zusätzliche Verspannung über die Gewindestangen 21. Es ist stets gewährleistet, dass der Ortbetonverbund aus den Lastwechseln im Druckbelastungsbereich bleibt. Zugkräfte können nicht entstehen, schädigende Wirkungen von Lastwechseln mit Vorzeichenwechsel im Ortbetonverbund von Zug auf Druck werden nicht er-

zeugt. Der Ortbetonverbund ist stets überdrückt, darüber hinaus sind die Beanspruchungen des Vergusses durch flächige Lagerung gering.

[0084] Zur Erhöhung der Verbundwirkung kann der oben beschriebene Querträger 6" mit Baustahlfachwerk 17 im Mittelbereich gemäß Fig. 5 zum Einsatz kommen. Das Baustahlfachwerk 17 im Mittelbereich des Querträgers 6" liegt in der Zone der Ortbetonergänzung 30. Durch zusätzlich eingelegte Bewehrung in Fahrweglängsrichtung, die Anschlussbewehrung 18, kann die Verbundwirkung der Ortbetonergänzung 30 erhöht werden.

[0085] Es ist aber ebenso möglich, eine vorgespannten Querträger 6" mit Anschlussbewehrung 18 gemäß Fig. 4 herzustellen und einzubauen. Dieser Querträger 6" unterscheidet sich vom Querträger 6 gemäß Fig. 3 lediglich in der zusätzlichen Anordnung der Anschlussbewehrung 18 rechtwinklig zur Längserstreckung des Querträgers 6". Das Schwellenfach 14 ist entsprechend Fig. 12 für die Anordnung der Anschlussbewehrung 18 und die Übergreifung mit der Bewehrung aus dem Obergurt 13 auszubilden. Die in Fahrweglängsrichtung angeordnete Anschlussbewehrung 18, die Bewehrung im Mittelbereich des Querträgers 6, wird in speziell ausgebildeten Schwellenfächern 14 durch die Ortbetonergänzung mit dem Fahrbahnträger 2 verbunden. Die Vorteile des vorgespannten Querträgers 6 und die Erhöhung der Verbundwirkung durch Anschlussbewehrung 18 im Schwellenfach 14 können so kombiniert werden.

[0086] Die Querträger 6 werden in den Schwellenfächern 14 im Zuge der Montage lagegenau ausgerichtet. Dabei ist ein Justieren der Lage in Querrichtung und der Höhe nach möglich. In Längsrichtung der Fahrbahn müssen die Querträger 6 nur geringfügig ausgerichtet werden, da hier eine vorgegebene Grobfixierung durch die Schwellenfächer 14 vorhanden ist. Über Spindeln 19, 20 und Schrauben 21 werden die Querträger 6 in ihrer Lage fixiert. Anschließend erfolgt der kraftschlüssige Verbund des Querträgers 6 mit dem Fahrbahnträger 2 durch eine Ortbetonergänzung 30 innerhalb des Schwellenfaches 14. Die Querträger 6 werden innerhalb der Tragplatte (Obergurt 13) vergossen und übertragen die Kräfte im Betonverbund.

[0087] Grundsätzlich erfolgt der Verbund zwischen Schwellenfach 14 und Querträger 6 als Ortbetonergänzung 30 mit standardisierten und bekannten Materialien, insbesondere Normalbeton B 35. Die Dauerhaftigkeit der Verbundfugen kann durch eine Abdichtung noch zusätzlich erhöht werden.

[0088] Fig. 13 zeigt die Anordnung der standardisierten geradlinigen Fahrwegträger 2 in Kurven- (Fig. 13a) und Wannenbereichen (Fig. 13b). Weil die Fahrwegträger 2 die Trassierung nicht vollständig verwirklichen, erfolgt eine Anpassung durch das Aufsetzen des Fahrwegs 3. Beim Verlegen der Querträger 6 ist es möglich, diese um bis zu 12 cm außermitig in Querrichtung auf dem Fahrbahnträger 2 auszu-

richten. Hierdurch kann innerhalb des Fahrweges 3 aus Systemträger 8 und Querträger 6 die Trassierung angepasst werden, während der Fahrbahnträger 2 stets geradlinig in der Form polygonal dem Trassierungsradius folgt. So ist es möglich, dass der kleinste Trassierungsradius von  $R = 350$  m mit einem polygonal verlegten Fahrwegträgerzug abgebildet wird. Der Fahrweg 3, Querträger 6 mit Systemträger 8, kann durch die mögliche Außermittigkeit auf dem Fahrwegträger 2 dem Radius oder dem Übergangsbogen (Klothoidenbogen) exakt folgen. Gleches gilt für die Abbildung von Querneigung und Höhenband. Durch die Option der Justierung der Querträger 6 ist es möglich, trotz geradem Fahrbahnträger 2 (Primärtragwerk) den Fahrweg auch lagegenau bzgl. Querneigung und Höhenlage aufzubauen. Hierfür kann der Querträger 6 gemäß Fig. 7 um bis zu  $1,8^\circ$  in Querrichtung des Fahrweges 3 geneigt werden und um bis zu 10 cm in seiner Höhenlage verschoben werden.

[0089] Diese Flexibilität der Baukastenbauweise kann auch zum Ausgleich von Imperfektionen des Tragwerks 2 eingesetzt werden. Fig. 14a stellt in einer schematischen Seitenansicht eines Fahrwegträgers 1 mit der Solllage des Fahrwegs 3 eine unerwünschten Durchbiegung des Tragwerks 2 dar. Diese kann durch eine größere Mächtigkeit des Vergusses bzw. des Ortbetons 30 unter dem Querträger 6 oder dem Rost repariert werden.

[0090] Fig. 14b zeigt ein Verkippen des Tragwerks 2, wie es zum Beispiel infolge Stützensenkung eintreten kann. Auch diese Abweichung der Ist- von der Solllage des Tragwerks 2 kann beim Aufsetzen des Fahrwegs 2 in der zuvor beschriebenen Weise ausgeglichen werden.

[0091] In Fig. 14c ist eine Verschiebung des Tragwerks 2 in einer schematischen Draufsicht gezeigt. Auch trotz einer solchen Abweichung lässt sich die gewünschte Trassierung herstellen, indem beim Aufbau des Fahrwegs 2 im fraglichen Bereich die Querträger mit einer Außermittigkeit aufgesetzt werden.

[0092] Im Gegensatz zu anderen Lösungen werden durch die Ortbetonergänzung 30 in den Schwellenfächern 14 hier nicht hochbeanspruchte Stützpunkte, nämlich Einzelbefestigungen, durch Verguss mit dem Tragwerk 2 verbunden, sondern die flächig gelagerte Schwelle 6 lediglich lagegenau und kraftschlüssig fixiert. Die Lasteinleitung am Einzelstützpunkt, nämlich an der Aufnahme der Stratorleiste, ist über das Fertigteil, den Querträger 6, gewährleistet und werkseitig mit hoher Qualität hergestellt. Die Lastweiterleitung erfolgt über den flächigen Lastabtrag der Schwellensohle und -flanke in den Obergurt 13. Aus dynamischer Belastung sind keine negativen Einflüsse auf den Ortbetonverbund zu erwarten.

[0093] Die Schwellenfächer 14 können einzeln mit den Querträgern 6 bestückt werden. Es ist jedoch sinnvoll, Systemeinheiten bestehend aus Querträgern 6 und den Systemträger 8 links und rechts ähnlich einem Gleisrost zu verlegen. Die Montage- und

Justierarbeiten lassen sich dadurch deutlich reduzieren.

[0094] Die Kopfplatten 15 dienen – wie im Detail in **Fig. 10a** dargestellt – zur Aufnahme der Systemträger 8 der Magnetschwebebahn-Funktionsebene und haben hierfür Gewinde. Der Einbau der Kopfplatte 15 im Querträger 6 erfolgt im Werk unter Bedingungen industrieller, stationärer Fertigung mit einem hohen Maß an Qualität und Genauigkeit. Die Verankerung der Kopfplatte 15 im Querträger 6 erfolgt über betonseitig an der Kopfplatte 15 angeschweißte Betonstahlstäbe 31 bzw. Einstabanker 16 und Gewindemuffen 32 für die Einleitung der Vorspannkraft aus den Einstabankern 16. Die Anschlussplatte dient als Kopfplatte 15 für die zentrische Vorspannung des Querträgers 6. Die Platte 15 ist zusätzlich mit einer horizontal verlaufenden Zahnstruktur 33 (2,5 / 2,5 / 2,5 mm) versehen, die einem form- und damit querkraftschlüssigen Kontakt zur Anschlußplatte 26 der Systemträger 8 ermöglicht. Die Schrauben 27 werden überwiegend auf Zug beansprucht. Die Zahnstruktur ermöglicht in z-Richtung einen Toleranzausgleich von bis zu 5 mm nach oben und unten.

[0095] Die aus der Systemtechnik in technischer und geometrischer Hinsicht festgelegte MSB-Funktionsebene wird als geschweißte Stahlkonstruktion mit den erforderlichen Aufnahmepunkten für die Statoren 11 gefertigt. Die komplette Systemeinheit wird mit einer Lieferlänge von 3,10 m bis 12,40 m Länge geliefert.

[0096] Der Systemträger 8 gemäß **Fig. 10a** besteht aus zwei Stahlplatten 9, 10 die zueinander rechtwinklig in Längsrichtung des Fahrweges kontinuierlich verschweißt sind. Die obere Stahlplatte bildet die Gleitleiste 9 oder Absetschiene, auf der das Fahrzeug abgesetzt wird, die seitliche Stahlplatte bildet die Seitenführungsschiene 9 zur spurenauen Lenkung des Fahrzeugs. Durch zusätzliche Stegbleche 25 alle 1,033 m wird das L-förmige Stahlprofil ausgesteift. Sie tragen seitlich eine Anschlussplatte 26, mit der der Systemträger 8 an der Kopfplatte 15 der Querträger 6 montiert wird und unten die Aufnahme 28 für die Statorenpakete 11. Die Anschlussplatte 26 und die Aufnahme 28 für die Statoren 11 sind mit den Stegblechen 25 verschweißt.

[0097] Der Systemträger 8 ist ein Stahlbauteil, das mit den üblichen Verbindungsmitteln, z.B. hochfesten Schrauben, an der Kopfplatte 15 des Querträgers 6 befestigt wird. Zur Befestigung der Systemträger 8 sind an den Kopfplatten 15 der Querträger 6 jeweils sechs Schrauben 27 Typ M 16 der Güte 10.9 angeordnet. Die vorgespannte hochfeste Verschraubung nach Norm ist keine Sonderlösung und zur Aufnahme dynamischer Lasten zugelassen. In der Anschlussplatte 26 des Systemträgers 8 sind Langlöcher vorgesehen, so dass die Möglichkeit zum Versatz des Systemträgers 8 nach oben oder unten in vertikaler Richtung um bis zu 5 mm besteht. Die Platte 26 ist – wie die Kopfplatte 15 – zusätzlich mit einer horizontal verlaufenden Zahnstruktur 33 (1/1 / 1 mm) für einen

form- und damit querkraftschlüssigen Kontakt zur Kopfplatte 15 der Systemträger 8 versehen. Die Zahnstruktur 33 ermöglicht in z-Richtung einen Toleranzausgleich von 1 mm bis 5 mm nach oben und unten. **Fig. 10a** stellt beispielhaft die Befestigung eines Systemträgers 8 an einem Querträger 6 mit einem vertikalen Versatz nach oben dar, so dass die Oberfläche der Gleitleiste 9 über die Oberfläche des Querträgers 6 hinaussteht. **Fig. 10d** zeigt eine Draufsicht auf eine Kopfplatte 15 mit Zahnstruktur 33.

[0098] Das Element zur Aufnahme der Statorenpakete 11, die Grundplatte 28, ist mit den Stegblechen 25 und der Anschlussplatte 26 verschweißt und unten am Systemträger 8 angeordnet. Über 4 Schrauben 38 wird das Statorenpaket 11 an der Grundplatte 28 befestigt. In der Grundplatte 28 sind entsprechende Gewinde zur Aufnahme der Schrauben vorgesehen. Die Trägerplatte 29 der Statorenpakete 11, die an der Grundplatte 28 befestigt werden, kann ebenfalls mit Langlöchern ausgebildet werden, so dass eine Verstellmöglichkeit in Querrichtung besteht. In **Fig. 10b** ist eine horizontale Verschiebung des Stators 11 nach außen, also vom Fahrwergräger 2 weg, dargestellt.

[0099] Grundsätzlich wird der Versatz in Querrichtung zur Abbildung der Trasse bei Bogen oder Übergangsbogen durch Montage der Fahrbahn 3 und Ausrichten der Querträger 6 im Baukastensystem verwirklicht. Es sind daher keine Maßnahmen zum eigentlichen Justieren erforderlich. Um jedoch ein redundantes System zu schaffen, kann hier aber die nachträgliche Verstellmöglichkeit auch in Querrichtung realisiert werden.

[0100] Die Systemträger 8 werden mit Längen von 3,10 m, das entspricht der Länge eines Statorenpaketes, bis zur Gesamtlänge von 12,40 m oder auch 24,80 m gefertigt. Mit dem Systemträger 8 wird die Trasse bzw. die Gradiente abgebildet, kleine Systemeinheiten können je nach erforderlichen Trassierungselementen, ohne Verwindung hergestellt werden. Lange Systemeinheiten sind auf gerader Strecke oder bei konstanter Krümmung sinnvoll.

[0101] Die Fertigung des Systemträgers 8 erfolgt in der Halle. Die Anforderungen an die hohe Genauigkeit des Bauteils kann durch industrielle Fertigung erfüllt werden.

[0102] Die Vorteile des wie ein Baukasten aufgebauten Trägers 1 können wie folgt zusammengefasst werden: Jeder Fahrbahnträger 2 ist gleich, auf die Trassierung muss bei der Herstellung des Fahrbahnträgers 2 keine Rücksicht genommen werden. Es werden keine Modifikationen am Bauteil notwendig, weder im Werk noch auf der Baustelle. Der Fahrbahnträger 2 ist einfach und solide ausgebildet, an seine Abmessungen werden keine erhöhten Anforderungen gestellt, die Toleranzen aus dem Fertigteilbau sind einzuhalten.

[0103] Die Fertigung des Systemträgers 8 erfolgt in einer stationären industriellen Fertigungsanlage. Hohe Genauigkeit und Qualität des Bauteils 8 lassen

sich so wirtschaftlich erreichen. Die Systemträger **8** sind in einige wenige Grundtypen zu unterscheiden und werden je Typ in großen Stückzahlen gefertigt. Der Systemträger **8** ist im Baukastenprinzip das zuletzt einzubauende Systembauteil, das die höchsten Anforderungen an Genauigkeit zu erfüllen hat. Er wird daher als Stahlbauteil konzipiert, da durch das gewählte Material und die Herstellungsmethode des Stahlbaus die geforderte hohe Präzision erfüllt wird.

[0104] Der Systemträger **8** ist das Bauteil mit den höchsten Anforderungen an die Herstellungspräzision. Durch die systemspezifischen Anforderungen der MSB-Technik, die von allen bekannten Systemen erfüllt werden müssen, sind die Vorteile gegenüber bestehenden Systemen nicht in der Herstellung des Systemträgers **8**, sondern im Baukastensystem des Gesamtfahrweges zu finden. Durch die gewählte Herstellungsweise ist in Querrichtung des Fahrweges **2** durch den Querträger **6** das Systemmaß bereits festgelegt, eine Justierung, um die genaue Fahrwegbreite von 2800 mm einzustellen, entfällt. Es sind keine weiteren Maßnahmen nach dem exakten Verlegen der Querträger **6** erforderlich. Der Systemträger **8** kann an dem Querträger **6** befestigt werden, ein Nacharbeiten der Anschlusskonstruktion vor Ort entfällt. Die Justierbarkeit kann auf nur einen Freiheitsgrad eingeschränkt werden, da alle anderen Systemmaße durch das gewählte Baukastenprinzip im Zuge der Montage der Systembauteile bereits erfüllt wurden. Die Korrekturmöglichkeit in z-Richtung bleibt nachträglich erhalten, der Systemträger **8** kann an der Anschlussplatte **26** nach oben oder unten verschoben werden. Optional ist auch eine Verstellmöglichkeit in Querrichtung des Fahrweges **3** möglich.

[0105] Das große und schwere Bauteil des Fahrwegträgers **2** kann ohne besondere Vorkehrungen transportiert und montiert werden. Dafür wird der Fahrbahnträger **2** auf den Lagern **5** exakt abgelegt, eine Feinjustierung und ein Feinnivellement sind nicht notwendig. Auch ist der Einsatz von Elastomerlagern möglich, da selbst ein Einfedern der Lager **5** infolge Lagerstauchung unter Eigengewicht nachträglich durch die Montage der Fahrbahn **3** ausgeglichen wird.

[0106] Die Querträger **6** werden bereits mit den Systemträgern **8** verbunden und bilden abschnittsweise Einheiten. Die Verlegung des vormontierten Rosts, bestehend aus Querträger **6** und Systemträgern **8**, wird auf dem Fahrbahnträger **2** ausgerichtet, und die Lage in Trasse und Gradiente genau eingemessen. Durch die beschriebenen Justierspindeln **19, 20** wird der Querträger **6** exakt angepasst. Die Montage erfolgt ähnlich wie im Gleisbau des Rad-Schiene-Systems. Montageeinheiten bestimmter Längen werden justiert und in der Lage exakt fixiert.

[0107] Bis zum Verbund mit dem Ortbeton ist eine Nachjustierung möglich. Eine nachträgliche Ausrichtung des Systemträgers **8** in vertikaler Richtung bleibt stets erhalten. Die Ausrichtung der Statorpakete **11** in Querrichtung ist optional vorgesehen.

[0108] Der Gesamtvorteil des Systems im Baukastenprinzip ist der Trassierungsvorteil. Es ist möglich zur Abbildung von Radien und Übergangsbogen die Fahrbahnträger **2** polygonal zu verlegen. Eine Herstellung der Fahrbahnträger **2** mit Radius oder Übergangsbogen (Klothoide) kann entfallen. Die Anpassung an die Trasse erfolgt durch die Ausrichtung der Querträger **6** auf dem Fahrbahnträger **2**. Die Querträger **6** werden auf dem Fahrbahnträger **2** in Querrichtung versetzt angeordnet. Der selbe Vorteil ist auch für das Höhenband gültig. Ausrundungen wie Wannen und Kuppen werden nicht im Fahrbahnträger **2** abgebildet. Dieser kann geradlinig hergestellt werden und wird als Polygonzug dem Höhenband folgend verlegt. Eine Anpassung an die erforderliche Höhenlage erfolgt über die Montage der Querträger **6**.

[0109] Ungenauigkeiten des primären Tragsystems **2** werden jeweils bei der Montage des nachfolgenden Tragsystems ausgeglichen. Die Toleranzen des primären Tragsystems **2** können daher größer als die des jeweils nachfolgenden Systems gewählt werden. Der Ausgleich von Abweichungen jeglicher Art (Stützensenkung, fehlende Maßhaltigkeit, Imperfektionen..) innerhalb der modularen Montage ist möglich. Die Abbildung von Trasse und Gradiente kann durch Anordnung der Modulsysteme erfolgen.

Bezugszeichenliste

1	Fahrwegträger
2	Tragwerk
3	Fahrweg
4	Traverse
5	Lager
6	Querträger
7	Stirnseite des Querträgers 6
8	Element
9	Gleitleiste
10	Seitenführungsschiene
11	Stator
12	senkrechter Steg
13	Obergurt
14	Aussparung bzw. Fach
15	Kopfplatte
16	Einstabanker
17	Baustahlfachwerk
18	Anschlußbewehrung
19	vertikale Spindel
20	horizontale Spindel
21	Gewindestange
22	Anschlußmuffe im Obergurt 13
23	Langloch im Querträger 6
24	Kontermutter
25	Stegblech
26	Anschlußplatte
27	Schrauben
28	Grundplatte bzw. Aufnahmeplatte für Stator 11
29	Trägerplatte
30	Verguß, Ortbeton
31	Betonstahlstab
32	Gewindemuffe im Querträger 6
33	horizontale Zahnstruktur
34	Langloch in der Anschlußplatte 26
35	Langloch in der Trägerplatte 29
36	Vertikale Schubbewehrung
37	Diagonale Schubbewehrung
38	Halteschrauben für Statoren 11
39	Steg
40	Flansch
41	Kopfbolzen

Patentansprüche

1. Fahrbahn für Magnetschwebbahnen, mit auf Lagern oder Stützen ruhenden und sich in Fahrtrichtung erstreckenden Tragwerken (2) mit daran angeordneten Systemkomponenten (8) zum Tragen und Führen von Fahrzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemkomponenten (8) Bestandteile eines Fahrwegs (3) sind, der auf den Tragwerken (2) aufgesetzt ist.

2. Fahrbahn nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragwerk (2) im wesentlichen aus einem standardisierten Fertigteil besteht.

3. Fahrbahn nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragwerk (2) einen, vorzugsweise in seiner Längsrichtung vorgespannten, Stahlbetonträger umfaßt.

4. Fahrbahn nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragwerk (2) ein Streifenfundament ist.

5. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrweg (3) quer zur Fahrtrichtung und mit Abstand zueinander angeordnete Querträger (6) umfaßt, die Langseiten und Stirnseiten (7) aufweisen, wobei an den Stirnseiten (7) ein Systemträger (8) befestigt ist.

6. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Tragwerk (2) Fächer (14) ausgebildet sind, in die die Querträger (6) eingelegt sind.

7. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) ein standardisiertes Fertigteil ist.

8. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) ein, vorzugsweise in seiner Längsrichtung vorgespannter, Stahlbetonträger ist.

9. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) Einstabanker (16) mit sofortigem Verbund als Spannglieder aufweist.

10. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) zur Befestigung der Systemträger (8) an seinen Stirnseiten (7) Kopfplatten (15) aufweist.

11. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopfplatten (15) zugleich Ankerplatten für die Vorspannung der Querträger (6) sind.

12. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopfplatten (15) Einrichtungen zum Aufbringen der Vorspannkraft und zur Befestigung der Systemträger (8) aufweisen.

13. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Querträger (6) abgewandte Seite der Kopfplatten (15) eine Struktur (33) aufweist, die mit einer entsprechenden Oberfläche am Systemträger (8) in Formschluss steht.

14. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (33) geriffelt, gerippt, gestiftet, gezähnt oder nur aufgerauht ist.

15. Fahrbahnträger nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigung der Systemträger (8) am Querträger (6) Langlöcher (34) aufweist.
16. Fahrbahn nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemträger (8) über Einbauteile monolithisch mit dem Querträger (6) verbunden sind.
17. Fahrbahn nach einem der Ansprüche 1 bis 8, 10 oder 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) nur an Endbereichen betonierte Abschnitte und in einem mittleren Bereich einen Stahlträger, vorzugsweise ein Baustahlfachwerk, aufweist.
18. Fahrbahn nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 10 oder 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) im wesentlichen aus Stahl gefertigt ist.
19. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) quer zu seiner Längsrichtung und mit Abstand zueinander angeordnete zusätzliche Bewehrungsstäbe (18) als Anschlußbewehrung aufweist.
20. Fahrbahn nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querträger (6) auf dem Tragwerk (2) durch Ortbetonergänzung in einem monolithischen Verbund befestigt ist.
21. Verfahren zur Herstellung einer Fahrbahn für Magnetschwebbahnen mit einem auf Lagern oder Stützen ruhenden und sich in Fahrtrichtung erstreckenden Tragwerk (2) und einem darauf angeordneten Fahrweg (3) mit daran angeordneten Systemkomponenten (8) zum Tragen und Führen eines Fahrzeugs, in folgenden Schritten:  
a) Herstellen des Tragwerks (2) mit geringerer Genauigkeit,  
b) Verlegen des Tragwerks (2) auf Stützen oder Lagern (5) als Primärtragwerk,  
c) Aufsetzen und Justieren des Fahrwegs (3) auf dem Tragwerk (2) als Sekundärtragwerk und  
d) Fixieren der Lage des Fahrwegs (3) auf dem Tragwerk (2) in höherer Genauigkeit.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) das Tragwerk (2) und/oder der Fahrweg (3) als standardisiertes Fertigteile hergestellt wird/werden.
23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragwerk (2) einen Träger (Ansprüche 2 und 3) umfasst, der in Schritt a) als vorgespannter Ein- oder Zweifeldfertigteilträger hergestellt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragwerk (2) in Schritt a) als Streifenfundament hergestellt wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrweg (3) quer zur Fahrtrichtung und mit Abstand zueinander angeordnete Querträger (6) umfasst, die Langseiten und Stirnseiten (7) aufweisen, wobei an den Stirnseiten (7) ein Systemträger (8) befestigt wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Querträger (6) aus Beton hergestellt und in einem Spannbett vorgespannt werden.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Querträger (6) mit Einstabkern (16) mit sofortigem Verbund vorgespannt werden.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vorspannung der Querträger (6) an ihren Stirnseiten (7) Ankerplatten angeordnet werden, die auch als Kopfplatten (15) für die Systemträger (8) dienen.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Querträger (6) nur an Endabschnitten betoniert werden.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Querträger (6) aus Stahl hergestellt werden.
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrweg (3) in Schritt a) als ein Rost mit mehreren Querträgern (6) mit Längs- und Stirnseiten (7) und je einem Systemträger (8) an den Stirnseiten (7) vorgefertigt wird.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrweg (3) auf seiner dem Fahrzeug zugewandten Oberseite Fächer/Aufkantungen (14) aufweist, in die in Schritt b) die Querträger (6) eines Rosts oder die Querträger (6) einzeln eingelegt werden.
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) die Lage jedes Querträgers (6) hinsichtlich Höhe und/oder Querneigung justiert wird.
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) mehrere Querträger (6) in Fahrbahnlangsrichtung vorgespannt werden.
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) die Lage der Querträger (6) oder des Gleisrost durch Er-

DE 103 21 047 A1 2004.08.05

gänzung von Ort- oder Vergußbeton (**30**) fixiert wird.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1 a

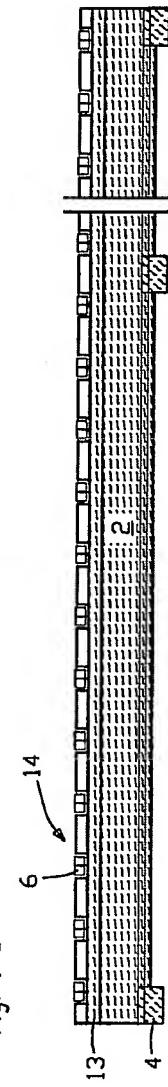


Fig. 1 b

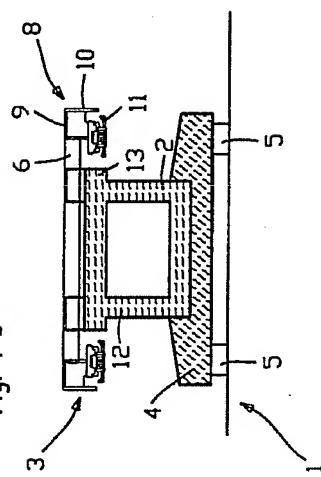


Fig. 2 a

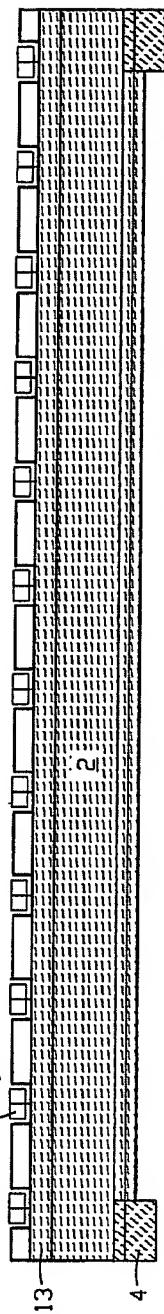


Fig. 2 b

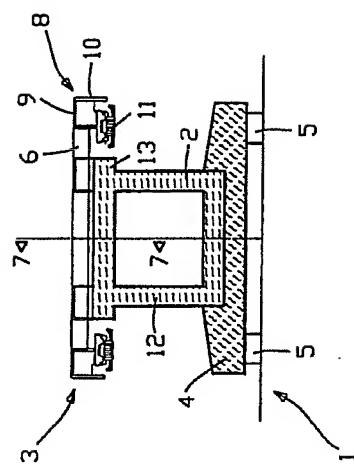


Fig. 3 a

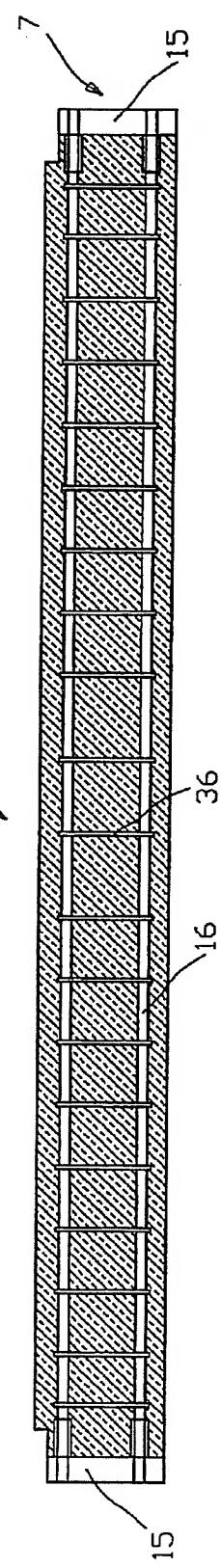


Fig. 3 b

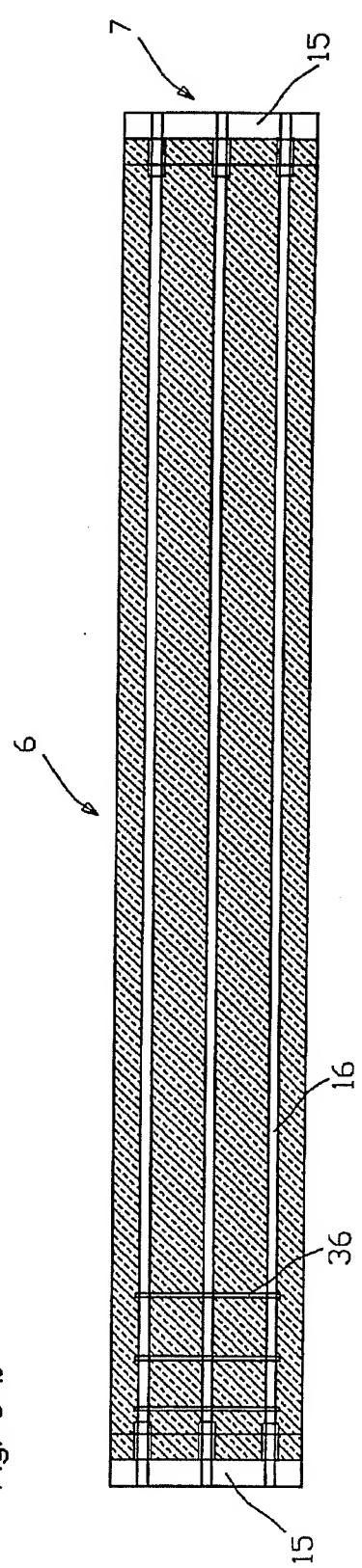


Fig. 4 a

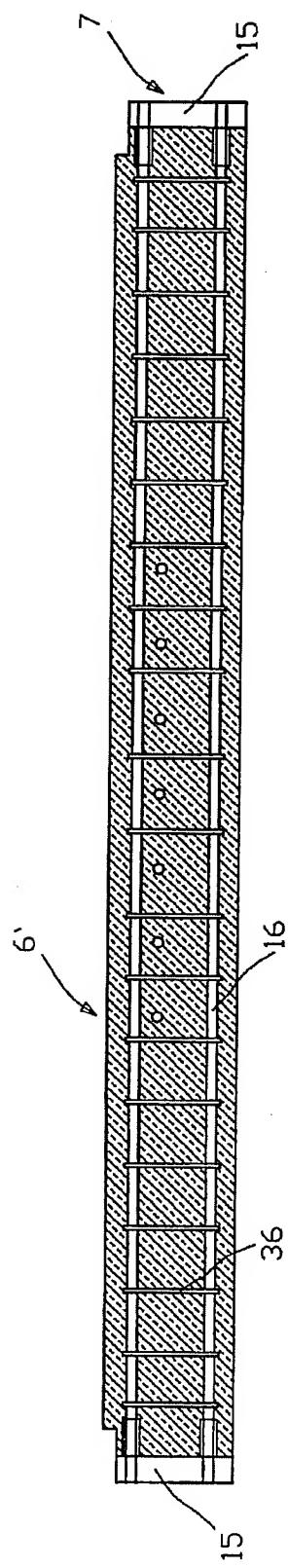
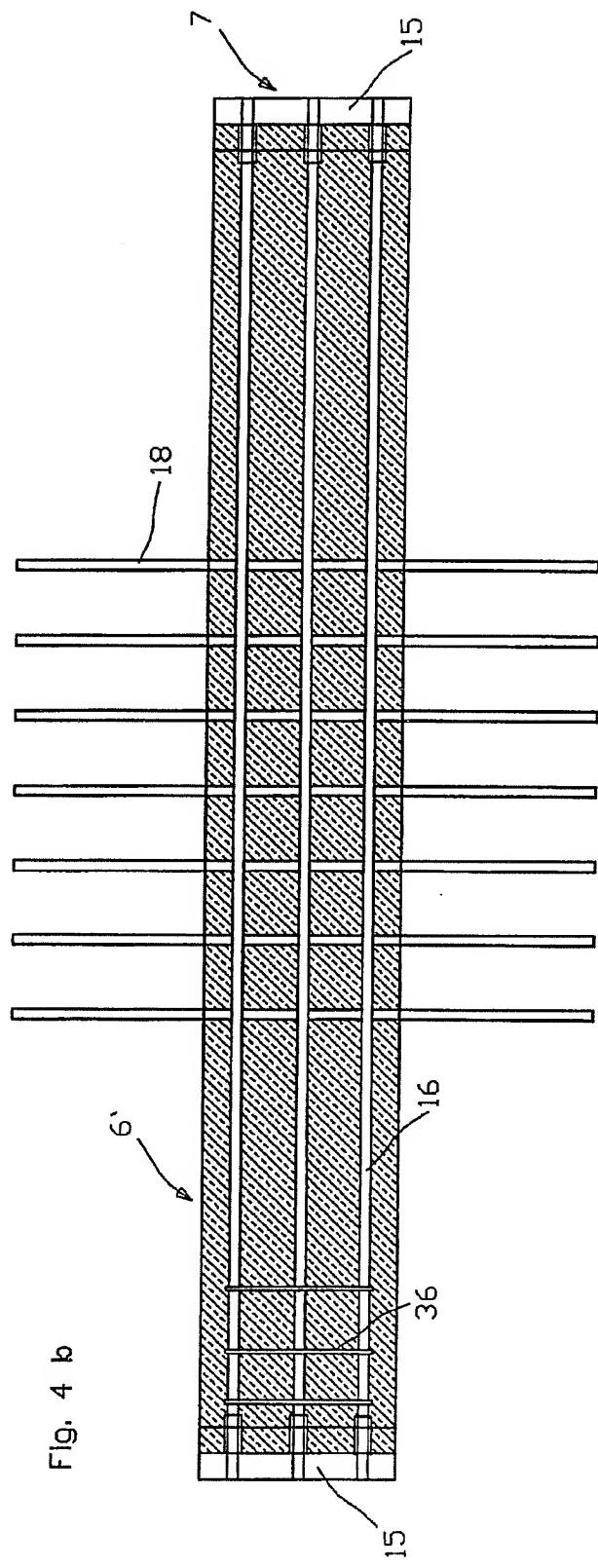


Fig. 4 b



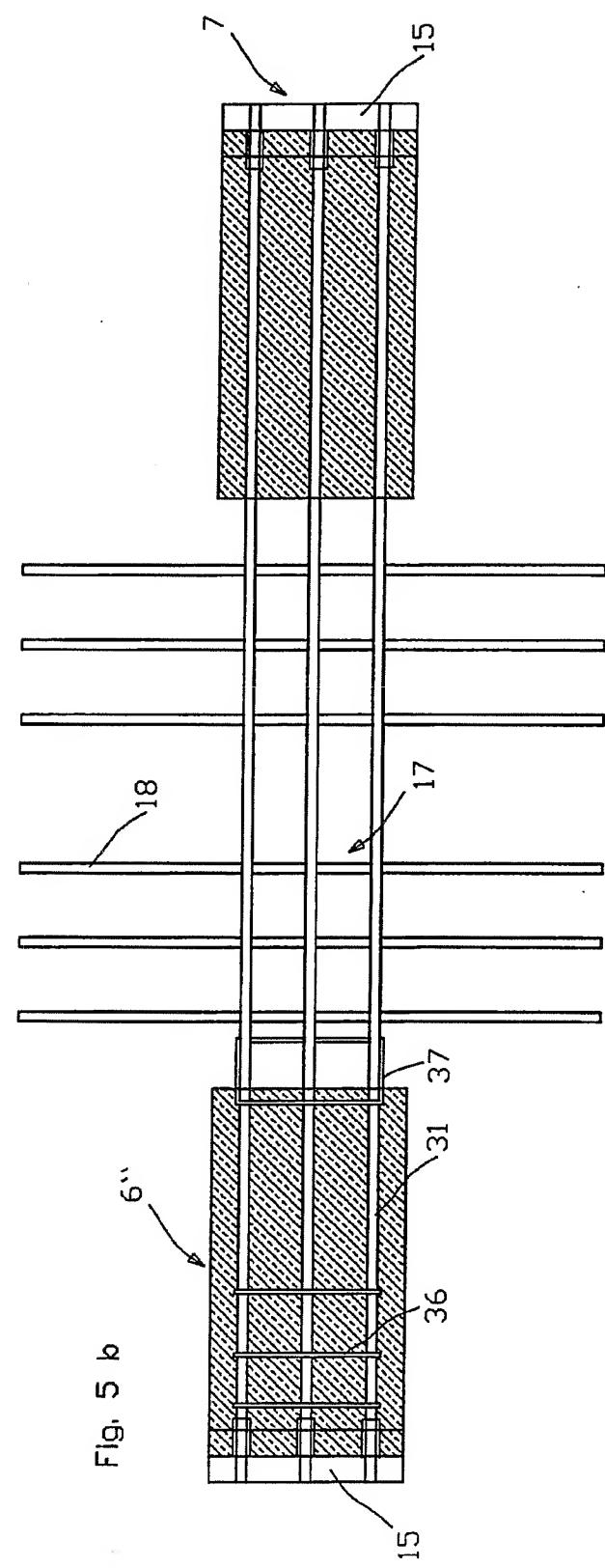
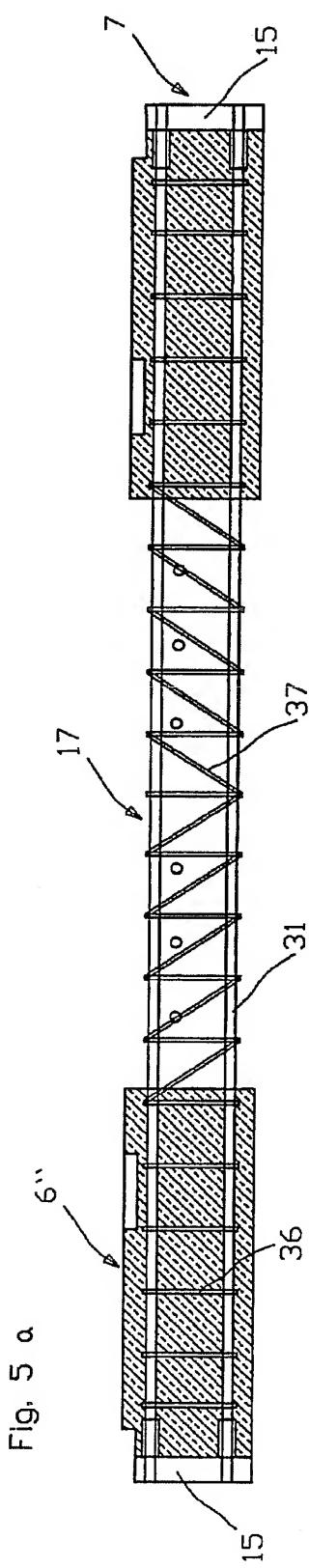


Fig. 6 a

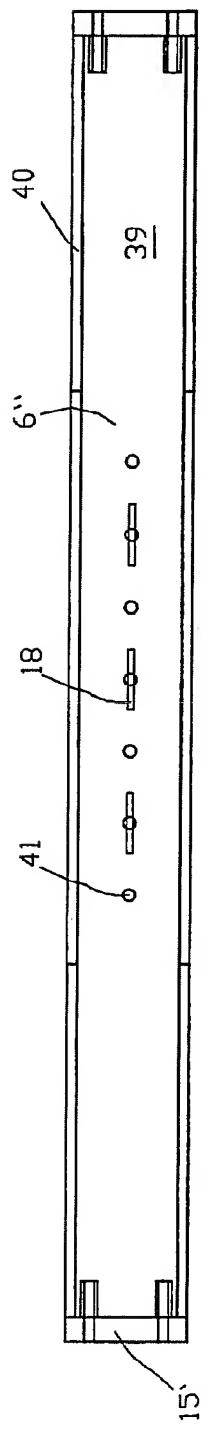


Fig. 6 b

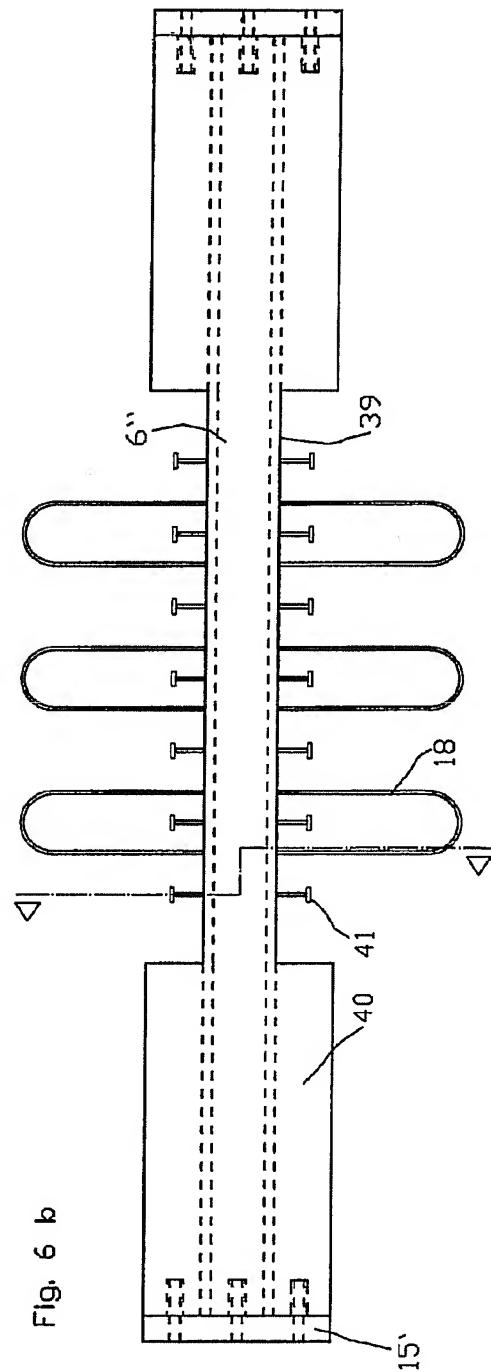
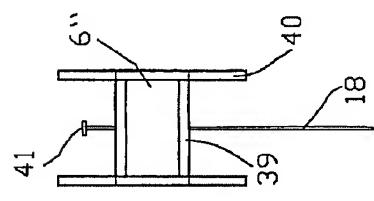


Fig. 6 c



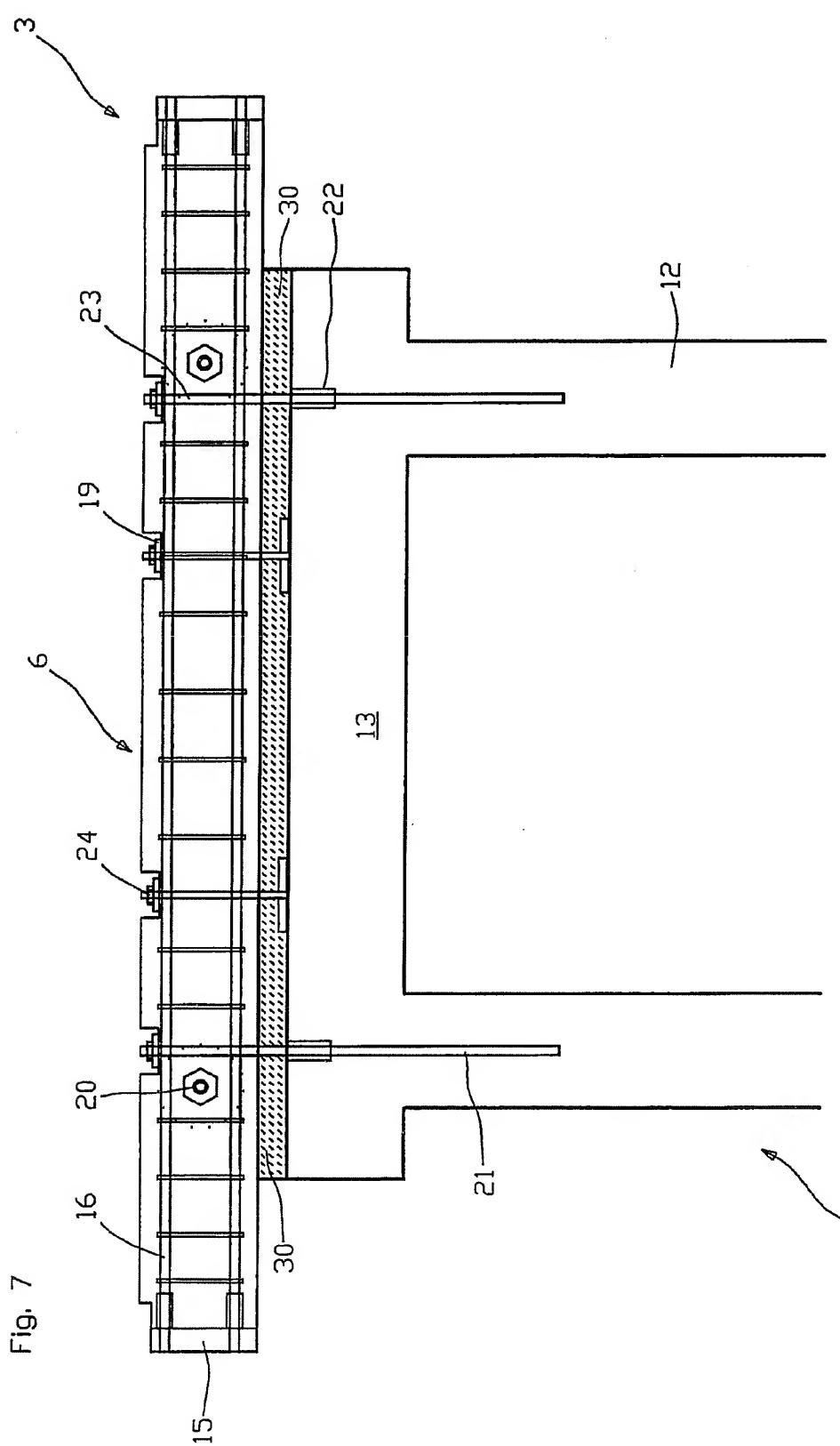
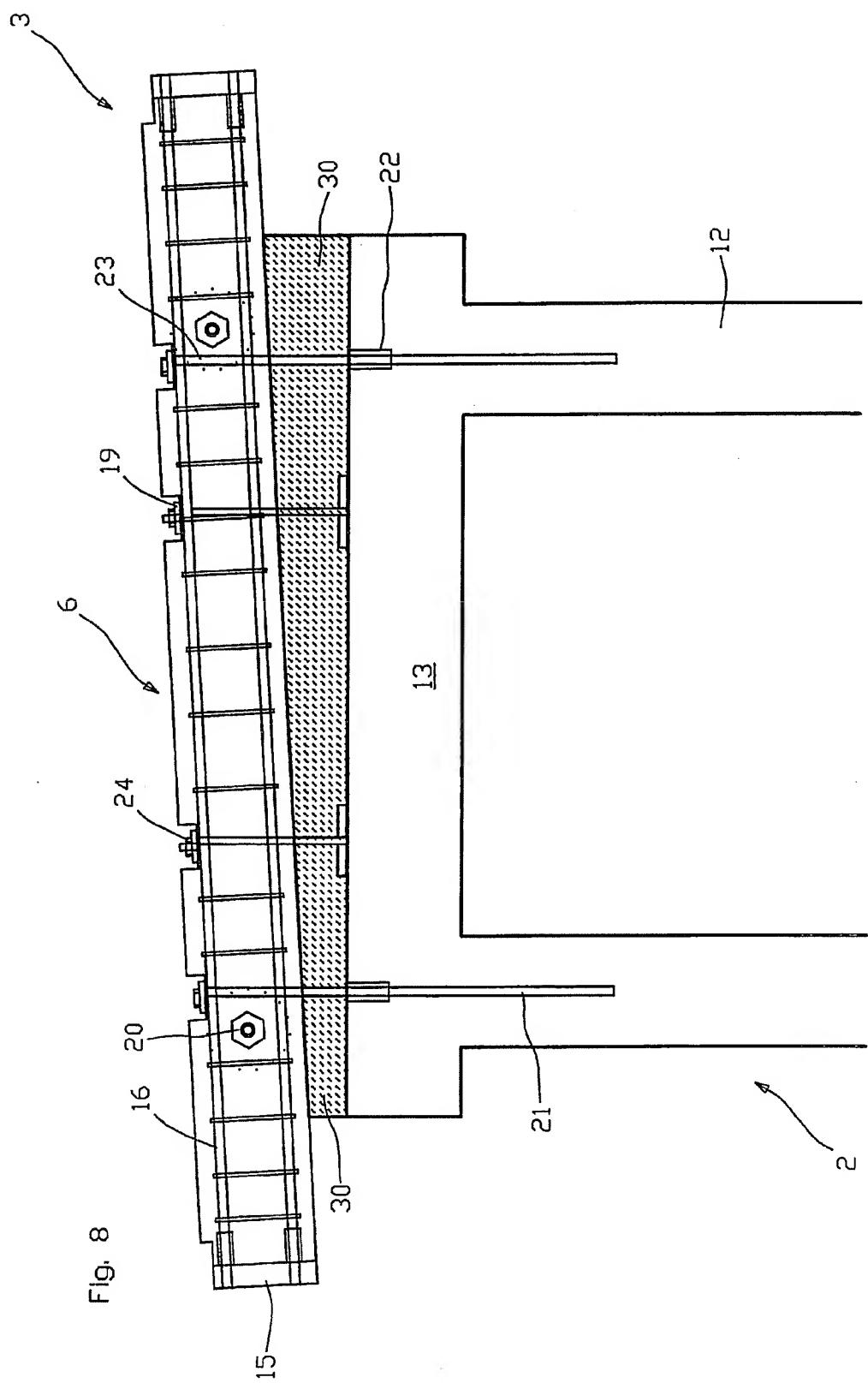


Fig. 7



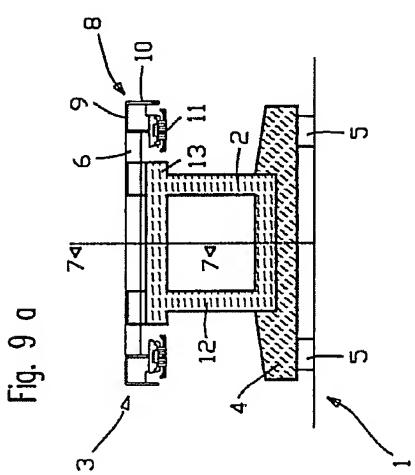
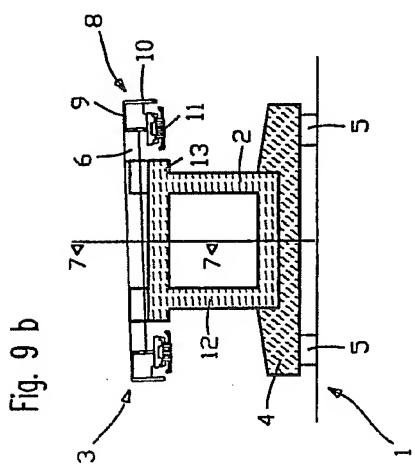
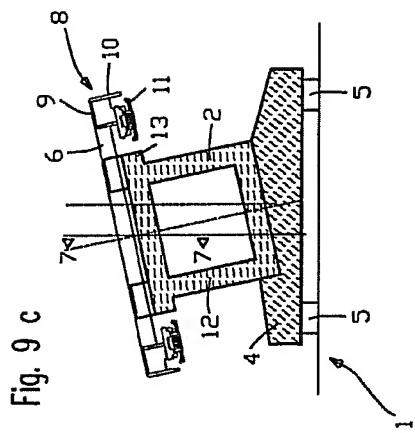


Fig. 10 a

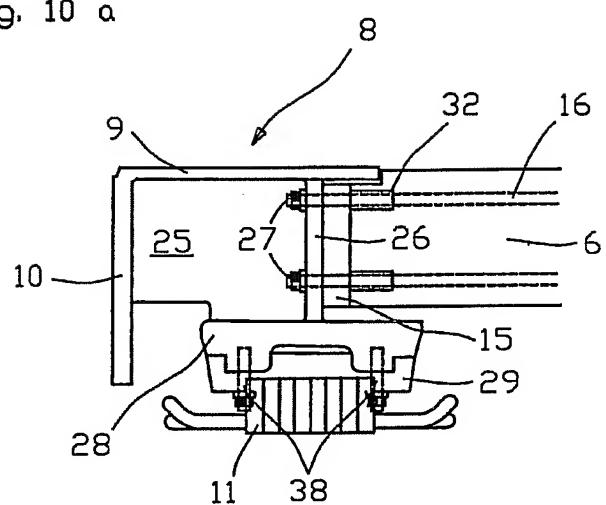


Fig. 10 c

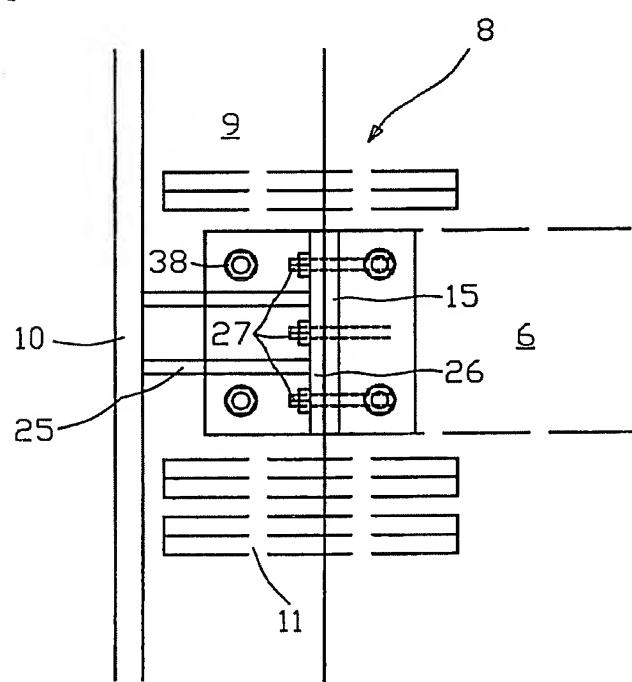


Fig. 10 b

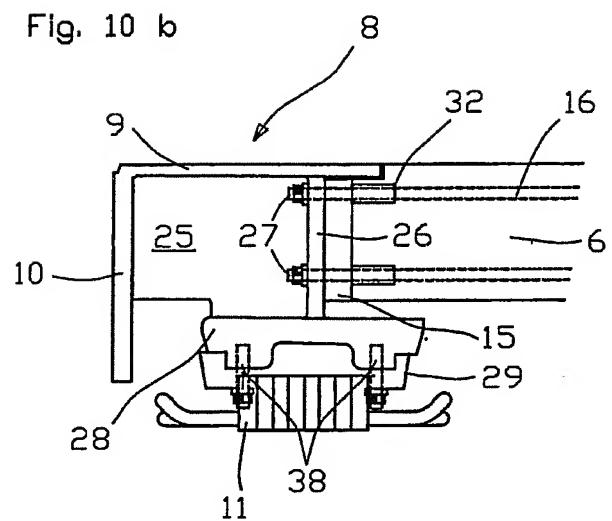
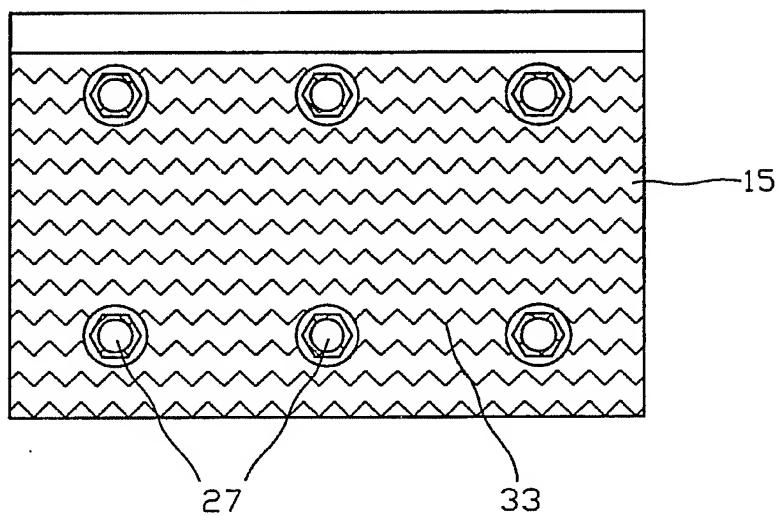


Fig. 10 d



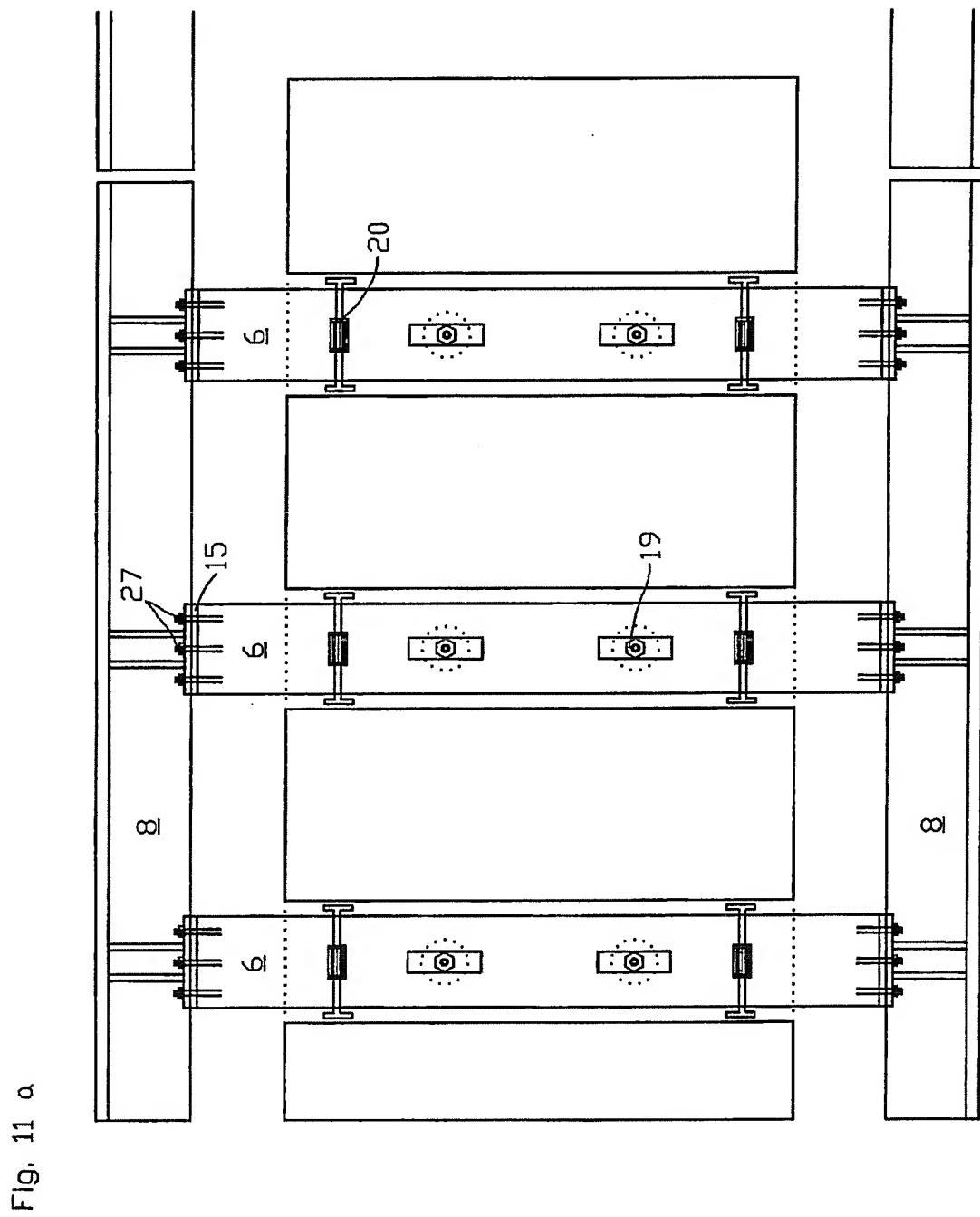


Fig. 11 a

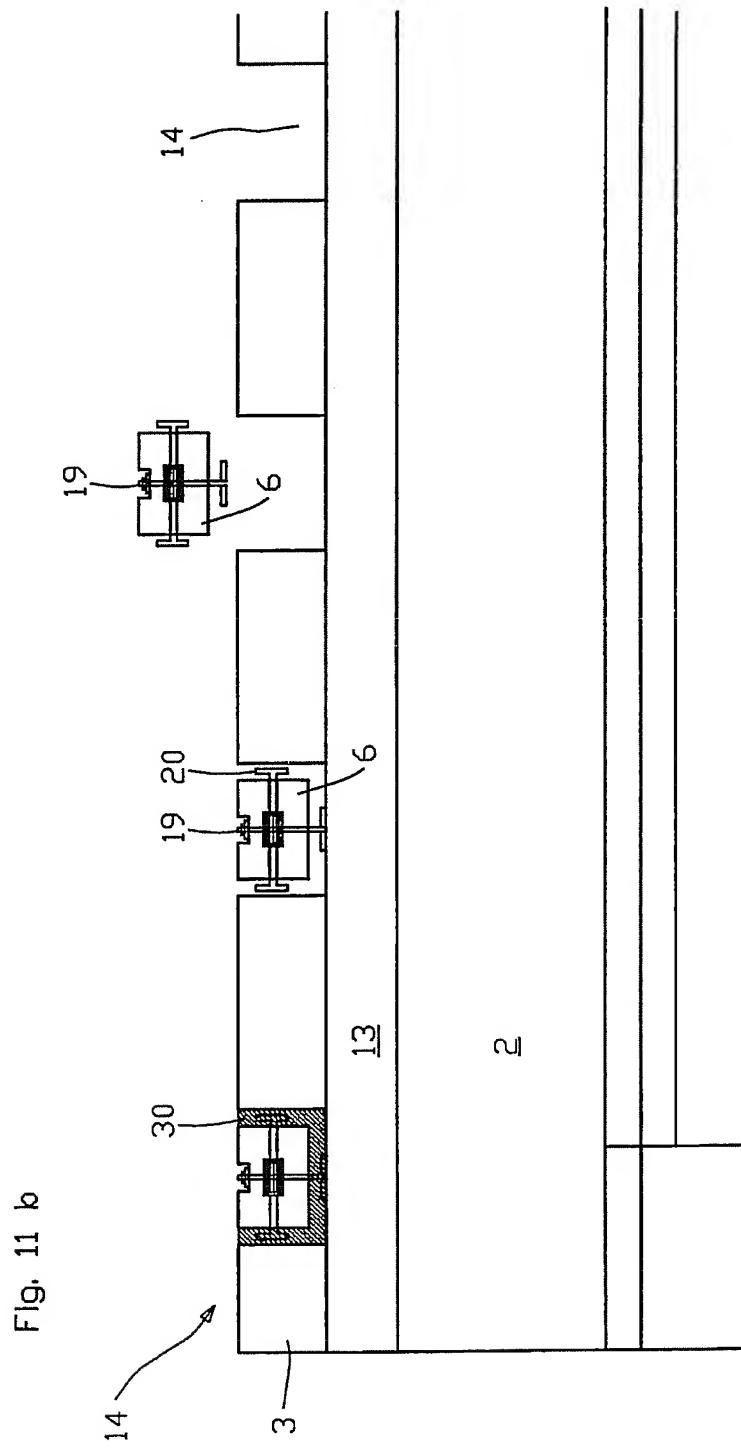
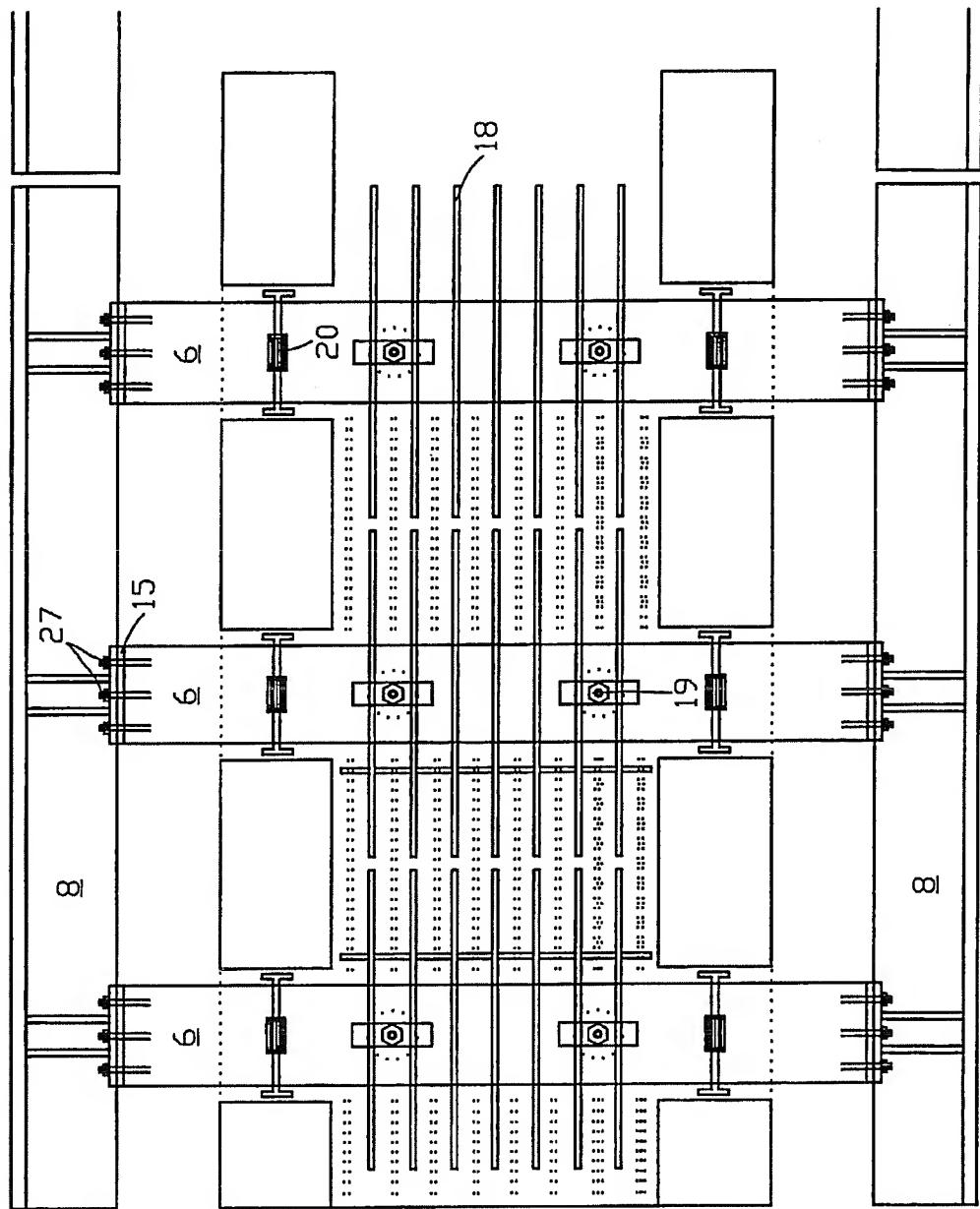


Fig. 12 a



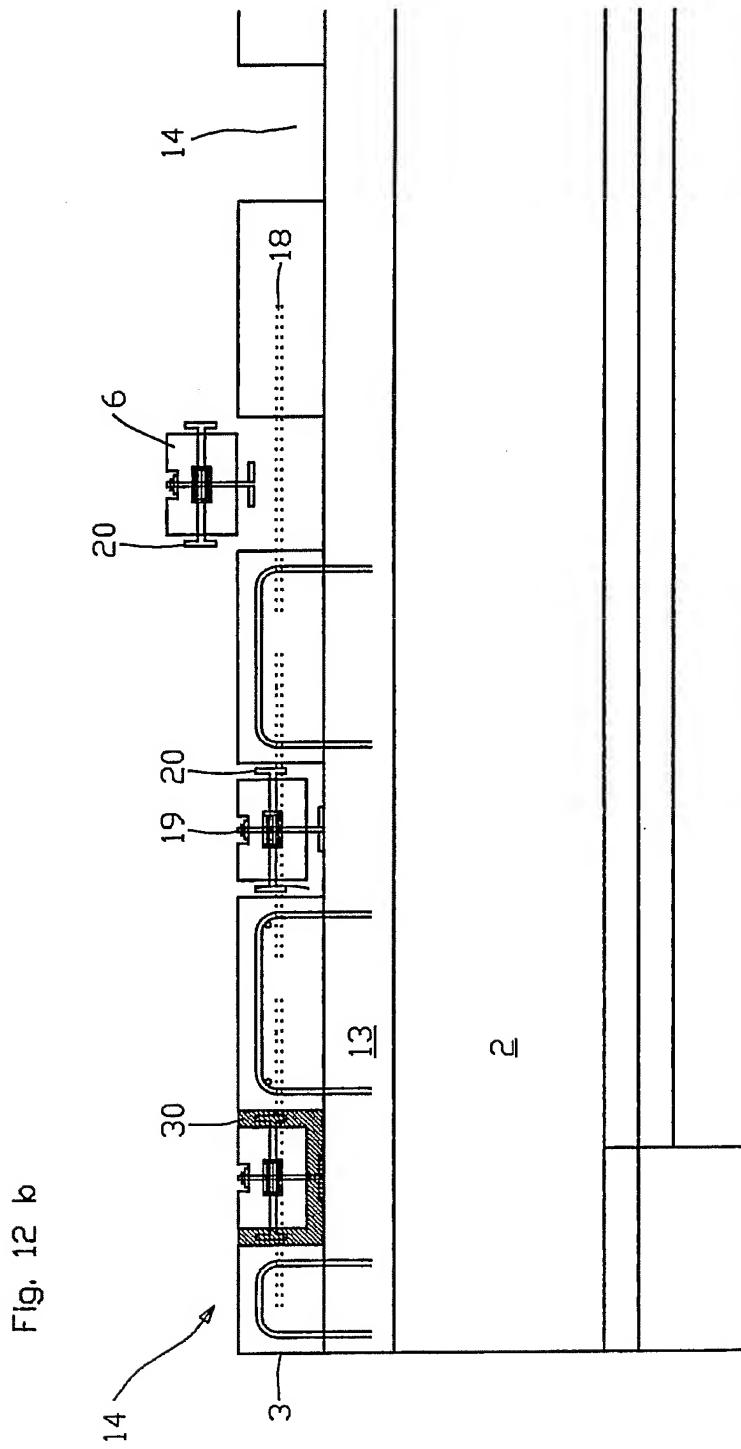


Fig. 13 a

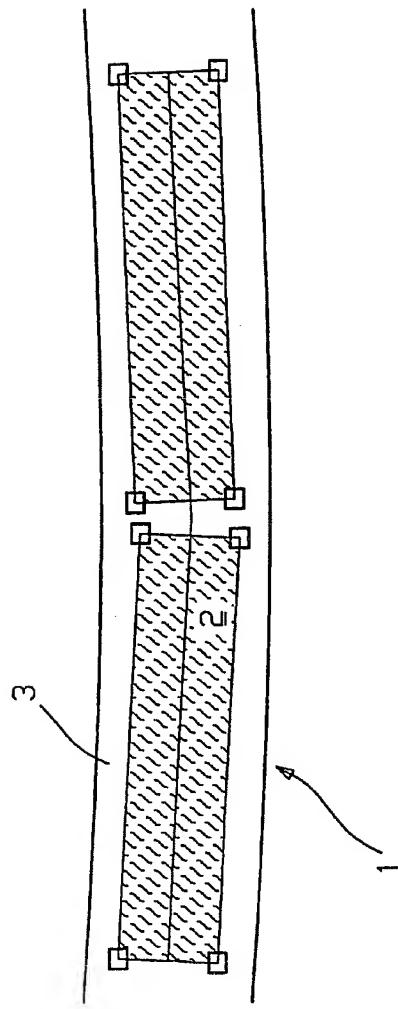


Fig. 13 b

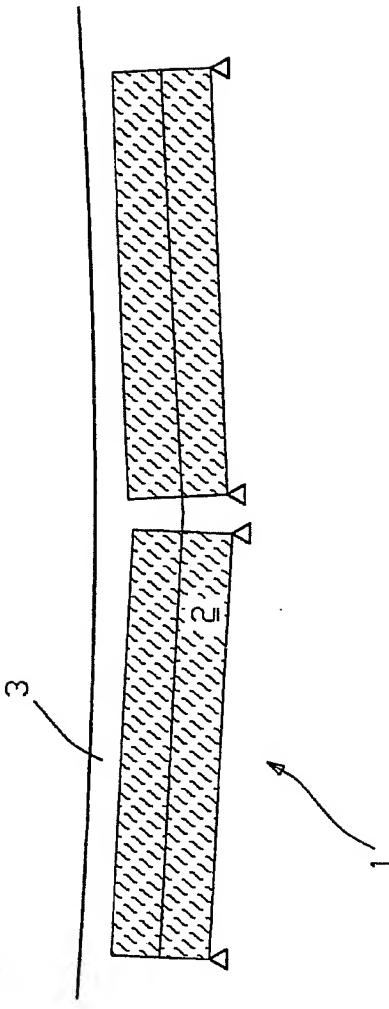


Fig. 14 a

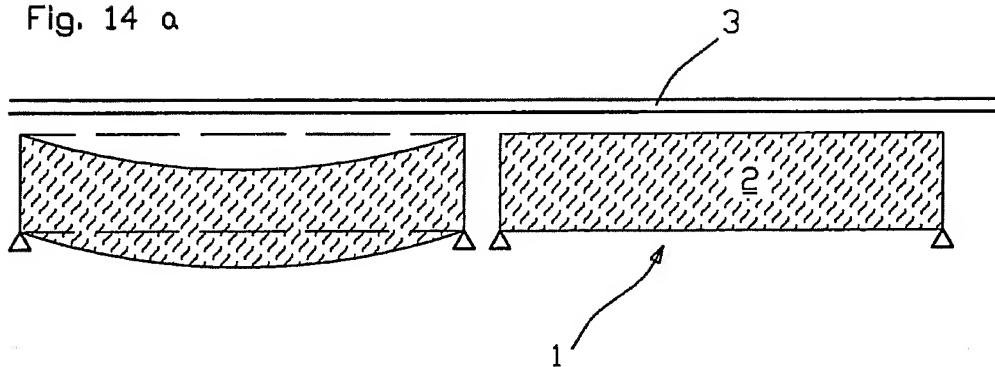


Fig. 14 b

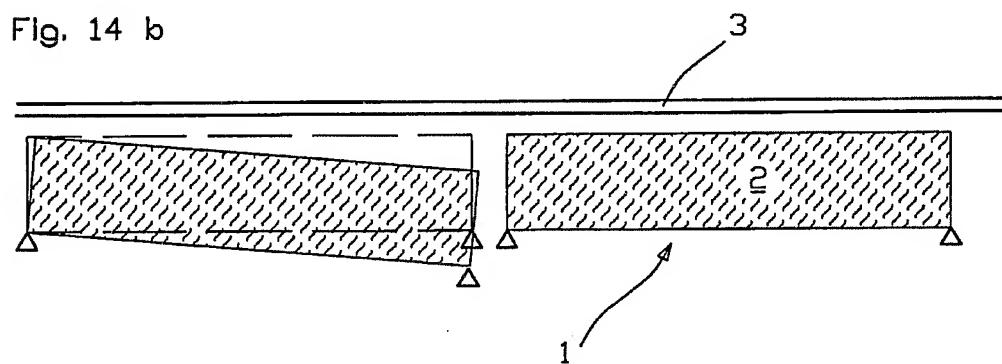


Fig. 14 c

